

**Государственная инспекция  
по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

# **ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**(Официальное издание)**

**Ташкент – 2007**

Правила устройства электроустановок. (ПУЭ) / Инспекция «Узгосэнергонадзор»  
Под общей редакцией Б.Х. Гулямова, А.Г. Салиева, Б.Т. Ташпулатова, Б.М. Тешабаева/  
- типография института Математики и информационных технологии, Ташкент,  
2007 г. – 732 с.

Новое издание ПУЭ содержит общие правила, включающие общую часть, в которой даются определения, область применения и общие указания по устройству электроустановок, выбору проводников и электрических аппаратов, а также разделы канализация электроэнергии, защита и автоматика, распределительные устройства и подстанции, электросиловые установки, электрическое освещение и электрооборудование специальных установок.

Правила предназначены для инженеров и техников, занятых проектированием, монтажом и эксплуатацией электрооборудования и распространяются только на территории Республики Узбекистан.

**Настоящие Правила не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без письменного разрешения инспекции «Узгосэнергонадзор».**

## Предисловие

Правила устройства электроустановок (далее - ПУЭ) разработаны Государственной инспекцией по надзору в электроэнергетике (Узгосэнергонадзор) Республики Узбекистан при участии Ташкентского Государственного Технического Университета и Института Энергетики и Автоматики Академии наук Республики Узбекистан на основе шестого издания ПУЭ (М Энергонтонидаг, 1985г.).

Правила разработаны при участии коллектива авторов:

Раздел I - д.т.н. Кидыров Т.М. (Главы 1.1, 1.5), д.т.н. Каримов Х.Г. (Глава 1.3), к.т.н. Саидходжаев А.Г. (Глава 1.2), к.т.н. Гайбиров Т. Ш. (Главы 1.4, 1.6), к.т.н. Саидов И.Х. (Глава 1.8), к.т.н. Усманов Э.Г. (Глава 1.7);

Раздел II - д.т.н. Кидыров Т.М. (Глава 2.2), д.т.н. Каримов Х.Г. (Глава 2.5), к.т.н. Гайбиров Т.Ш. (Главы 2.3, 2.4), к.т.н. Саидходжаев А.Г. (Главы 2.1 и 2.5);

Раздел III - к.т.н. Усманов Э.Г. (Главы 3.1 и 3.2), к.т.н. Бурханходжаев О.М. (Главы 3.3 и 3.4);

Раздел IV - д.т.н. Камбаров Т.С., к.т.н. Халиков С.С., м.н.с. Сайфуллаева Л.И.

Раздел V - д.т.н. Каримов Х.Г. (Главы 5.1., 5.2., 5.5), к.т.н. Таслимов А.Д. (Главы 5.3, 5.4), к.т.н. Рисмухамедов Д. (Глава 5.5, 5.6);

Раздел VI - к.т.н. Бурханходжаев О.М., Саидходжаев А.Г.

Раздел VII - д.т.н. Кидыров Т.М. (Главы 7.1, 7.2), к.т.н. Саидхамедов С.С. (Глава 7.3), к.т.н. Усманов Э.Г. (Глава 7.3, 7.4), к.т.н. Гайбиров Т. Ш. (Глава 7.5), к.т.н. Бурханходжаев О.М. (Глава 7.6).

В составлении Правил принимали участие ГАК «Узбекэнерго» (Шаисматов Т.Р., Ташабаев Б.М., Рашидов Р.О., Елфимов В.Н., Мирзаев А.А., Исаяев Ю.М., Ким Т.А., Артыков Р.Г.), Министерство труда и социальной защиты населения Республики Узбекистан (Обидов О.О., Ядгаров Ю.Г.); Государственный комитет Республики Узбекистан по архитектуре и строительству (Тохтаев А.Р., Петров Н.Н.), агентство «Уштинлрт» (Бурисев Р.А., Абдуллаев Т.Б., Голикова И.В.), Узбекское агентство связи и информатизации (Арипов А.Н., Усманов С.С.); ГУПБ МВД Республики Узбекистан (Исламов А.И., Кулдашев А.Х., Тургунов Ш.Э., Дюбанов И.Б., Эгамбердыев Ш.), ГУП «Тошшахарнур» (Толипов С.С., Ищенко М.А.), ОАО «Среднеэнергосетьпроект» (Кульбацкий Д.И., Малюга В.Г., Раппопорт Н.А.), ОАО «Гидропроект» (Мирзаев Ф.Т., Прилевская Т.А.); ОАО «Монтажное управление (Кузминский Г.А., Юлдашев Р.Ю.), и ОАО «Туронэлектромонтаж» (Абдулрахимов М.С., Хворых Л.И.).

Правила рассмотрены редакционной комиссией Государственной инспекции «Узгосэнергонадзор» (Пулматов Б.Х., Ташпулатов Б.Т., Салиев А.Г., Мирзахидов М.М., Исмаилов А.Р., Ибрагимов М.Х., Гулямов Д.Б., Мырксина О.Л., Барноев Р.К.).

При подготовке настоящих Правил учтены требования действующих нормативных актов и государственных стандартов, замечания и предложения проектных и монтажных организаций.

Требования настоящих Правил являются обязательными для всех ведомств, предприятий, организаций и учреждений.

Нормативные правила, нормативно-технические документы, содержащие требования, главы или параграфы по устройству электроустановок, должны быть приведены в соответствие с настоящими Правилами.

Замечания и предложения по изданию Правил следует направлять в Государственную инспекцию «Узгосэнергонадзор» (700000, Ташкент, Хорезмская, 6).

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

Административным постановлением  
Республики Узбекистан  
от 13 февраля 2004 г. № 20-15-62/24  
(исполнение от 13.02.2004 г. № 20-15-62/24)

Утверждены  
приказом «Узгосэнергонадзор»  
от 13 февраля 2004 г.  
№ 84.

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел I.**

## Раздел I Общие правила

Настоящие «Общие правила» (раздел I) Правил устройства электроустановок (ПУЭ) переработаны в соответствии с Постановлением Кабинета Министров при Президенте Республики Узбекистан от 29 апреля 1992 года № 210 «Об организации работы по пересмотру подзаконных актов бывшего Союза ССР» на основе 6-го издания ПУЭ (бывшего Минэнерго СССР) согласно действующему законодательству и требованиям государственных стандартов Республики Узбекистан.

Целью настоящих «Общих правил» ПУЭ является установление технических требований при проектировании и монтаже электроустановок проектными, монтажными и монтажными организациями независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

### Глава 1.1. Общая часть (Область применения, определения)

1.1.1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки до 500 кВ производственной электрической энергии, электроснабжающих организаций и потребителей электрической энергии.

Отдельные требования настоящих Правил можно применять для действующих электроустановок, если по упрощает электроустановку, если расходы по реконструкции обоснованы технико-экономическим расчетом или если эта реконструкция направлена на обеспечение тех требований безопасности, которые распространяются на действующие электроустановки.

Для относительно реконструируемым электроустановкам требования настоящих Правил распространяются лишь на реконструируемую часть электроустановки, например на аппараты, заменяемые по условиям короткого замыкания (КЗ).

1.1.2. ПУЭ разработаны с учетом обязательности применения электропроизводного и электропотребляющего оборудования, а также проведения в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонта электроустановок и их электрооборудования, а также систематического обучения и проверки знаний обслуживающего персонала в объеме требований действующего правила технической эксплуатации и правил техники безопасности.

1.1.3. Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются Правилами на электроустановки до 1000 В и электроустановки выше 1000 В (по действующему значению напряжения).

1.1.4. Открытыми или наружными электроустановками называются электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий.

Электроустановки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные.

Закрытыми или внутренними электроустановками называются электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

1.1.5. Электропомещениями называются помещения или отгороженные, например, сетками, части помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала (пункт 1.1.16 настоящих Правил), в которых расположены электроустановки.

1.1.6. Сухими помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%. При отсутствии в таких помещениях условий, приведенных в пунктах 1.1.10—1.1.12 настоящих Правил, они называются нормальными.

1.1.7. Влажными помещениями называются помещения, в которых пары или конденсирующая влага выделяются лишь кратковременно в небольших количествах, а относительная влажность воздуха более 60%, но не превышает 75%.

1.1.8. Сырыми помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%.

1.1.9. Особо сырыми помещениями называются помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

1.1.10. Жаркими помещениями называются помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 сут.)  $+35^{\circ}\text{C}$  (например, помещения с сушилками, сушильными и обжигательными печами, котельные и т. п.).

1.1.11. Пыльными помещениями называются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.

Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью.

1.1.12. Помещениями с химически активной или органической средой называются помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

1.1.13. В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (смотри подпункты 2 и 3 настоящего пункта Правил).

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

а) сырости или токопроводящей пыли (смотри пункты 1.1.8 и 1.1.11 настоящих Правил);

б) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.);

в) высокой температуры (смотри пункт 1.1.10 настоящих Правил);

г) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соприкосновение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, — с другой.

3. Особоопасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а) особой сырости (смотри пункт 1.1.9 настоящих Правил);

б) химически активной или органической среды (смотри пункт 1.1.12 настоящих Правил);

в) одновременно двух или более условий повышенной опасности (смотри подпункт 2 настоящего пункта Правил).

Проектирование, строительство и эксплуатация особоопасных помещений требует наличия лицензии в установленном порядке.

4. Территории размещения наружных электроустановок. В отношении опасности поражения людей электрическим током эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

1.1.14. Мисленополенненными аппаратами называются аппараты, у которых отдельные элементы и все нормально искрящие части или части, между которыми обрывается дуга, погружены в масло так, что исключается возможность соприкосновения между ними частями и окружающим воздухом.

1.1.15. Номинальным значением параметра (номинальным параметром) называется, указанное изготовителем электротехнического устройства значение параметра, являющееся исходным для отсчета отклонений от этого значения при эксплуатации и испытаниях устройства.

1.1.16. Квалифицированным обслуживающим персоналом называются специально подготовленные лица, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие квалификационную группу по технике безопасности, предусмотренную Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

1.1.17. Для обозначения обязательности выполнения требований ПУЭ применяются слова «должен», «следует», «необходимо» и производные от них. Слова «как правило» означают, что данное требование является преобладающим, и отступление от него должно быть обосновано. Слово «допускается» означает, что данное решение применяется в виде исключения как вынужденное (вследствие стесненных условий, ограниченных ресурсов необходимого оборудования, материалов и т. п.). Слово «рекомендуется» означает, что данное решение является одним из лучших, но не обязательным.

1.1.18. Принятые ПУЭ нормируемые значения величин с указанием «не менее» являются наименьшими, а с указанием «не более» — наибольшими. При выборе рациональных размеров и норм необходимо учитывать опыт экс-



платации и монтажа, требования электробезопасности и пожарной безопасности.

Все значения величин, приведенные в Правилах с предлогами «от» и «до», следует понимать «включительно».

### **Общие указания по устройству электроустановок**

1.1.19. Применяемые в электроустановках электрооборудование и материалы должны иметь сертификаты соответствия и соответствовать требованиям технических условий, утвержденных в установленном порядке.

1.1.20. Конструкция, исполнение, способ установки и класс изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих глав ПУЭ.

1.1.21. Применяемые в электроустановках электрооборудование, кабели и провода по своим нормированным, гарантированным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной электроустановки.

1.1.22. Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищены от этого воздействия.

1.1.23. Строительная и санитарно-техническая части электроустановок (конструкции здания и его элементов, отопление, вентиляция, водоснабжение и пр.) должны выполняться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами государственного комитета Республики Узбекистан по архитектуре и строительству при обязательном выполнении дополнительных требований, приведенных в ПУЭ.

1.1.24. Электроустановки должны удовлетворять требованиям действующих директивных документов о запрещении загрязнения окружающей среды, вредного или мешающего влияния шума, вибрации и электрических полей меры в соответствии с «Правилами пользования радиосвязью в Республике Узбекистан», «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках».

1.1.25. В электроустановках должны быть предусмотрены сбор и удаление отходов: химических веществ, масла, мусора, технических вод и т. п. В соответствии с действующими требованиями по охране окружающей среды должна быть исключена возможность попадания указанных отходов в водоемы, систему отвода ливневых вод, овраги, а также на территории, не предназначенные для этих отходов.

1.1.26. Проектирование и выбор схем, компоновок и конструкций электроустановок должны производиться на основе технико-экономических сравнений, применения простых и надежных схем, внедрения новейшей техники, с учетом опыта эксплуатации, наименьшего расхода цветных и других дефицитных материалов, оборудования и т. п.

11 27 При опасности возникновения электрокоррозии или почвенной коррозии должны предусматриваться соответствующие мероприятия по защите подземных сооружений, оборудования, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

11 28 В электроустановках должна быть обеспечена возможность легкой разборки частей, относящихся к отдельным их элементам (простота и наглядность схем, надлежащее расположение электрооборудования, надписи, маркировки, расцветка).

11 29 Буквенно-цифровое и цветовое обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены:

1) при переменном трехфазном токе: шины фазы А — желтым цветом, фазы В — зеленым, фазы С — красным, нулевая рабочая N — голубым, эта же шина, используемая в качестве нулевой защитной, — продольными полосами желтого и зеленого цветов;

2) при переменном однофазном токе: шина А, присоединенная к началу обмотки источника питания, — желтым цветом, а В, присоединенная к концу обмотки, — красным.

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока.

3) при постоянном токе: положительная шина (+) — красным цветом, отрицательная (—) — синим и нулевая рабочая М — голубым;

4) резервная или резервируемая основная шина; если же резервная шина может заменять любую из основных шин, то она обозначается поперечными полосами цвета основных шин.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или для антикоррозионной защиты.

Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение, либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым только в местах присоединения шин; если неиспользуемые шины не доступны для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

11 30 При расположении шин в распределительных устройствах (кроме КРУ заводского изготовления) необходимо соблюдать следующие условия:

1) в закрытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины должны располагаться:

а) сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин при вертикальном расположении А — В — С сверху вниз; при расположении горизонтально, наклонно или треугольником наиболее удаленная шина А, средняя В, ближайшая к коридору обслуживания С;

б) ответвления от сборных шин — слева направо А — В — С, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров — из центрального).

2. В открытых распределительных устройствах при переменном трехфазном токе шины должны располагаться:

а) сборные и обходные шины, а также все виды секционных шин, шунтирующие переключатели и переключатели в схемах кольцевых, полукруглых и т. п., должны иметь со стороны главных трансформаторов на высшем напряжении шину А;

б) ответвления от сборных шин в открытых распределительных устройствах должны выполняться так, чтобы расположение шин присоединений слева направо было А — В — С, если смотреть со стороны шин на трансформатор.

Расположение шин ответвлений в ячейках независимо от их размещения по отношению к сборным шинам должно быть одинаковым.

3. При постоянном токе шины должны располагаться:

а) сборные шины при вертикальном расположении: верхняя М, средняя (—), нижняя (+);

б) сборные шины при горизонтальном расположении: наиболее удаленная М, средняя (—) и ближайшая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания;

в) ответвления от сборных шин: левая шина М, средняя (—), правая (+), если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отдельных случаях допускаются отступления от требований, приведенных в подпунктах 1 - 3 настоящего пункта Правил, если их выполнение связано с существенным усложнением электроустановок (например, вызывает необходимость установки специальных опор вблизи подстанции для транспозиции проводов ВЛ) или если применяются на подстанции две или более ступени трансформации.

1.1.31. Для защиты от влияния электроустановок должны предусматриваться меры в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О радиочастотном спектре», «Правилами пользования радиосвязью в Республике Узбекистан» и инструкцией «О порядке приема и рассмотрения заявок на устранение радиопомех средством радиосвязи, приему программ телевидения и радиовещания», а также «Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи».

1.1.32. Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться путем:

применения надлежащей изоляции, а в отдельных случаях — повышенной;

применения двойной изоляции;

соблюдения соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;

применения блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

нелегального и быстродействующего автоматического отключения частей электрооборудования, случайно оказавшихся под напряжением, и поврежденных участков сети, в том числе защитного отключения;

отземления или зануления корпусов электрооборудования и элементов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции;

выравнивания потенциалов;

применения разделительных трансформаторов;

применения напряжений 42 В и ниже переменного тока частотой 50 Гц и 110 В и ниже постоянного тока;

применения предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

применения устройств, снижающих напряженность электрических полей;

использования средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического поля в электроустановках, в которых его напряженность превышает допустимые нормы.

1.1.33. В электропомещениях с установками до 1000 В допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения, если по местным условиям такая защита не является необходимой для каких-либо иных целей (например, для защиты от механических воздействий). При этом доступные к прикосновению части должны быть расположены так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

1.1.34. В жилых, общественных и тому подобных помещениях устройства, служащие для ограждения и закрытия токоведущих частей, должны быть сплошные; в производственных помещениях и электропомещениях эти устройства допускаются сплошные, сетчатые или дырчатые.

Ограждающие и закрывающие устройства должны быть выполнены так, чтобы снимать или открывать их было можно лишь при помощи ключей или инструментов.

1.1.35. Все ограждающие и закрывающие устройства должны обладать в соответствии с местными условиями достаточной механической прочностью. При напряжении выше 1000 В толщина металлических ограждающих и закрывающих устройств должна быть не менее 1 мм. Устройства, предназначенные для защиты проводов и кабелей от механических повреждений, по возможности должны быть введены в машины, аппараты и приборы.

1.1.36. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, от действия электрической дуги и т. п. все электроустановки должны быть снабжены средствами защиты, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с «Правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках».

1.1.37. Пожаро- и взрывобезопасность электроустановок, содержащих маслонаполненные аппараты и кабели, а также электрооборудования, покрытого и пропитанного маслами, лаками, битумами и т. п., обеспечивается выполнением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ. При сдаче в эксплуатацию указанные электроустановки должны быть снабжены

противопожарными средствами и инвентарем в соответствии с действующими положениями.

Сейсмостойкости электрооборудований, электроустановок, электрических аппаратов, аппаратуры связи и т. д. должны соответствовать требованиям сейсмических районов.

## **Присоединение электроустановок к энергосистеме**

1.1.38. Присоединение электроустановки к энергосистеме производится в соответствии с «Правилами пользования электрической энергией».

## **Передача электроустановок в эксплуатацию**

1.1.39. Вновь сооруженные и реконструированные электроустановки и установленное в них электрооборудование должны быть выполнены строго по разработанным и прошедшим экспертизу в установленном порядке проектом, иметь сертификаты соответствия и подвергнуты приемо-сдаточным испытаниям (смотри главу 1.8 настоящих Правил).

1.1.40. Вновь сооруженные и реконструированные электроустановки вводятся в промышленную эксплуатацию только после приемки их приемочными комиссиями согласно действующим положениям.

## **Глава 1.2. Электроснабжение и электрические сети**

### **Область применения, определения**

1.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на все системы электроснабжения, напряжением до 500 кВ. Системы электроснабжения подземных, тяговых и других специальных установок, кроме требований настоящей главы, должны соответствовать также требованиям специальных правил.

1.2.2. Энергетической системой (энергосистемой) называется совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

1.2.3. Электрической частью энергосистемы называется совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы.

1.2.4. Электроэнергетической системой называется электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

1.2.5. Электроснабжением называется обеспечение потребителей электрической энергией.

Системой электроснабжения называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

1.2.6. Централизованным электроснабжением называется электроснабжение потребителей от энергосистемы.

1.2.7. Электрической сетью называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных (ВЛ) и кабельных линий (КЛ) электропередачи, работающих на определенной территории.

1.2.8. Приемником электрической энергии (электроприемником) называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

1.2.9. Потребителем электрической энергии называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

1.2.10. Независимым источником питания электроприемника или группы электроприемников называется источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах, регламентированных настоящими Правилами для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих электроприемников.

К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих двух условий:

- 1) каждая из секций или систем шин в свою очередь имеет питание от независимого источника питания;
- 2) секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.

### **Общие требования**

1.2.11. Проектированием систем электроснабжения и реконструкцией электроустановок могут заниматься организации, имеющие соответствующую лицензию в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О лицензировании отдельных видов деятельности». При этом должны рассматриваться следующие вопросы:

- 1) перспектива развития энергосистем и систем электроснабжения с учетом рационального сочетания вновь сооружаемых электрических сетей с действующими и вновь сооружаемыми сетями других классов напряжения;
- 2) обеспечение комплексного централизованного электроснабжения всех потребителей, расположенных в зоне действия электрических сетей, независимо от их ведомственной принадлежности;
- 3) ограничение токов КЗ предельными уровнями, определяемыми на перспективу;
- 4) снижение потерь электрической энергии.

При этом должны рассматриваться в комплексе внешнее и внутреннее электроснабжение с учетом возможностей и экономической целесообразности технологического резервирования.

При решении вопросов резервирования следует учитывать перегрузочную способность элементов электроустановок, а также наличие резерва в технологическом оборудовании.

1.2.12. При решении вопросов развития систем электроснабжения следует учитывать ремонтные, аварийные и послеаварийные режимы.

1.2.13. При выборе независимых взаимно резервирующих источников питания, являющихся объектами энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного зависящего кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках питания при тяжелых системных авариях.

1.2.14. Требования пунктов 1.2.11 – 1.2.13 настоящих Правил должны быть учтены на всех промежуточных этапах развития энергосистем и систем электроснабжения потребителей.

1.2.15. Проектирование электрических сетей должно осуществляться с учетом вида их обслуживания (постоянное дежурство, дежурство на дому, выездные бригады и др.).

1.2.16. Работа электрических сетей 6—35 кВ должна предусматриваться с изолированной или заземленной через дугогасящие реакторы или резисторы нейтралью.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю должна применяться при значениях этого тока в нормальных режимах:

в сетях 6—20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на ВЛ, и во всех сетях 35 кВ — более 10 А;

в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на ВЛ: при напряжении — 6 кВ — более 30 А; при 10 кВ — более 20 А; при 15 — 20 кВ — более 15 А.

в схемах 6 - 20 кВ блоков генератор-трансформатор (на генераторном напряжении) — более 5 А.

При токах замыкания на землю более 50 А рекомендуется применение не менее двух заземляющих дугогасящих реакторов.

### **Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения**

1.2.17. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории:

Электроприемники I категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного техноло-

гического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников I категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного и непрерывного производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники II категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники III категории — все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий.

1.2.18. Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и при нарушении электроснабжения от одного из источников питания автоматически восстанавливается питание от другого источника или блоков непрерывного питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого, взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников I категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п., с включением без выдержки времени.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

1.2.19. Электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Допускается питание электроприемников II категории по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, или по двухцепной ВЛ, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 сут. Кабельные вставки этой линии должны выполняться двумя кабелями,



каждый из которых выбирается по наибольшему длительному току ВЛ. Допускается питание электроприемников II категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату.

При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 сут. допускается питание электроприемников II категории от одного трансформатора.

1.2.20. Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 сут.

1.2.21. Для всех категории работ время действия системы автоматического восстановления питания, предусмотренное проектом электроснабжения, не считается перерывом в электроснабжении.

### **Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности**

1.2.22. Для электрических сетей следует предусматривать технические мероприятия по обеспечению качества напряжения электрической энергии в соответствии с требованиями Межгосударственного стандарта ГОСТ 13109—97 «Электрическая энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

1.2.23. Устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на тех шинах напряжением 6—20 кВ электростанций и подстанций, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

1.2.24. Устройства компенсации реактивной мощности, устанавливаемые у потребителя, должны обеспечивать потребление от энергосистемы реактивной мощности в пределах, указанных в условиях на присоединение электроустановок этого потребителя к энергосистеме.

1.2.25. Выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях следует производить в соответствии с действующими строительными нормами КМК, «Правилами пользования электрической энергией» и «Инструкцией по компенсации реактивной мощности».

## Глава 1.3. Выбор проводников по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны

### Область применения

1.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на выбор сечений электрических проводников (неизолированные и изолированные провода, кабели и шины) по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны. Если сечение проводника, определенное по этим условиям, получается меньше сечения, требуемого по другим условиям (термическая и электродинамическая стойкость при токах КЗ, потери и отклонения напряжения, механическая прочность, защита от перегрузки), то должно приниматься наибольшее сечение, требуемое этими условиями.

### Выбор сечений проводников по нагреву

1.3.2. Проводники любого назначения должны удовлетворять требованиям в отношении предельно допустимого нагрева с учетом не только нормальных, но и послесаварийных режимов, а также режимов в период ремонта и возможных перипромерностей распределения токов между линиями, секциями шин и т. п. При проверке на нагрев принимается получасовой максимум тока, наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети.

1.3.3. При повторно-кратковременном и кратковременном режимах работы электроприемников (с общей длительностью цикла до 10 мин и длительностью рабочего периода не более 4 мин) в качестве расчетного тока для проверки сечения проводников по нагреву следует принимать ток, приведенный к длительному режиму. При этом:

1) для медных проводников сечением до  $6 \text{ мм}^2$ , а для алюминиевых проводников до  $10 \text{ мм}^2$  ток принимается как для установок с длительным режимом работы;

2) для медных проводников сечением более  $6 \text{ мм}^2$ , а для алюминиевых проводников более  $10 \text{ мм}^2$  ток определяется умножением допустимого длительного тока на коэффициент  $0,875/\sqrt{T_{пв}}$ , где  $T_{пв}$  — выраженная в относительных единицах длительность рабочего периода (продолжительность включения по отношению к продолжительности цикла).

1.3.4. Для кратковременного режима работы с длительностью включения не более 4 мин и перерывами между включениями, достаточными для охлаждения проводников до температуры окружающей среды, наибольшие допустимые токи следует определять по нормам повторно-кратковременного режима (см. п. 1.3.3). При длительности включения более 4 мин, а также при перерывах недостаточной длительности между включениями наибольшие допустимые токи следует определять, как для установок с длительным режимом работы.

1.3.5. Для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных, может допускаться кратковременная перегрузка, указанная в таблице 1.3.1 (приложение №1 к настоящим Правилам).

1.3.6. На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей с полиэтиленовой изоляцией допускается перегрузка до 10% , а для кабелей с поливинилхлоридной изоляцией до 15% номинальной на время максимумов нагрузки продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 сут, если нагрузка в остальные периоды времени этих суток не превышает номинальной.

На период ликвидации послеаварийного режима для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией допускаются перегрузки в течение 5 сут в пределах, указанных в таблице 1.3.2 (приложение №1 к настоящим Правилам).

Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть понижены на 10%.

Перегрузка кабельных линий напряжением 20—35 кВ не допускается.

1.3.7. Требования к нормальным нагрузкам и послеаварийным перегрузкам относятся к кабелям и установленным на них соединительным и концевым муфтам и концевым заделкам.

1.3.8. Нулевые рабочие проводники в четырехпроводной системе трехфазного тока должны иметь проводимость не менее 50% проводимости фазных проводников; в необходимых случаях она должна быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников.

1.3.9. При определении допустимых длительных токов для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин, а также для жестких и гибких токопроводов, проложенных в среде, температура которой существенно отличается от приведенной в пунктах 1.3.12 – 1.3.15, и 1.3.22 настоящих Правил, следует применять коэффициенты, приведенные в таблице 1.3.3 (приложение №1 к настоящим Правилам).

### **Допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией**

1.3.10. Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в таблице 1.3.4—1.3.11 (приложение №1 к настоящим Правилам). Они приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли +15°C.

При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Данные, содержащиеся в таблицах 1.3.4 и 1.3.5, следует применять независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, фундаментах).

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, должны приниматься: для проводов — по таблицам 1.3.4 и 1.3.5, как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей — по таблицам 1.3.6—1.3.8, как для кабелей, проложенных в воздухе. При количестве одновременно нагруженных проводов более четырех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, токи для проводов должны приниматься по таблицам 1.3.4 и 1.3.5, как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 3 и 6, 0,63 для 7—9 и 0,6 для 10—12 проводов.

Для проводов и горючих цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

1.3.11. Допустимые длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при однопорядной прокладке (не в пучках) следует принимать как для проводов, проложенных в воздухе.

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах, следует принимать по таблицам 1.3.4—1.3.7 как для одиночных проводов и кабелей, проложенных открыто (в воздухе), с применением снижающих коэффициентов, указанных в таблице 1.3.12 (приложение №1 к настоящим Правилам).

При выборе снижающих коэффициентов контрольные и резервные провода и кабели не учитываются.

### **Допустимые длительные токи для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией**

1.3.12. Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии с допустимыми температурами жил кабелей:

Номинальное напряжение, кВ.....До 3    6    10    20 и 35

Допустимая температура

жилы кабеля, °С.....+80    +65    +60    +50

1.3.13. Для кабелей, проложенных в земле, допустимые длительные токи приведены в таблицах 1.3.13, 1.3.16, 1.3.19—1.3.22 (приложение №1 к настоящим Правилам). Они приняты из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7—1,0 м не более одного кабеля при температуре земли +15°С и удельном сопротивлении земли 120 Ом·м. При удельном сопротивлении земли, отличающемся от 120 Ом·м, необходимо к токовым нагрузкам, указанным в упомянутых ранее таблицах, применять поправочные коэффициенты, указанные в таблице 1.3.23 (приложение №1 к настоящим Правилам).

1.3.14. Для кабелей, проложенных в воде, допустимые длительные токи приведены в таблицах 1.3.14, 1.3.17, 1.3.21, 1.3.22 (приложение №1 к настоящим Правилам). Они приняты из расчета температуры воды +15°С.

1.3.15. Для кабелей, проложенных в воздухе внутри и вне зданий, при любом количестве кабелей и температуре воздуха +25°C допустимые длительные токи приведены в таблицах 1.3.15, 1.3.18—1.3.22, 1.3.24, 1.3.25 (приложение №1 к настоящим Правилам).

1.3.16. Допустимые длительные токи для одиночных кабелей, прокладываемых в трубах в земле, должны приниматься, как для тех же кабелей, прокладываемых в воздухе, при температуре, равной температуре земли.

1.3.17. При смешанной прокладке кабелей допустимые длительные токи должны приниматься для участка трассы с наихудшими условиями охлаждения, если длина его более 10 м. Рекомендуется применять в указанных случаях кабельные вставки большего сечения.

1.3.18. При прокладке нескольких кабелей в земле (включая прокладку в трубах) допустимые длительные токи должны быть уменьшены путем введения коэффициентов, приведенных в таблице 1.3.26 (приложение №1 к настоящим Правилам). При этом не должны учитываться резервные кабели.

Прокладка нескольких кабелей в земле с расстояниями между ними менее 100 мм в свету не рекомендуется.

1.3.19. Для масло- и газонаполненных одножильных бронированных кабелей, а также других кабелей новых конструкций допустимые длительные токи устанавливаются заводами-изготовителями.

1.3.20. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в блоках, следует определять по эмпирической формуле

$$I = abcI_0,$$

где  $I_0$  — допустимый длительный ток для трехжильного кабеля напряжением 10 кВ с медными или алюминиевыми жилами, определяемый по таблице 1.3.27 (приложение №1 к настоящим Правилам);  $a$  — коэффициент, выбираемый по таблице 1.3.28 (приложение №1 к настоящим Правилам) в зависимости от сечения и расположения кабеля в блоке;  $b$  — коэффициент, выбираемый в зависимости от напряжения кабеля:

Номинальное напряжение, кВ. ....	До 3	6	10
Коэффициент $b$ .....	1,09	1,05	1,0

$c$  — коэффициент, выбираемый в зависимости от среднесуточной загрузки всего блока:

Среднесуточная нагрузка $S_{\text{ср сч}}/S_{\text{ном}}$ .....	1	0,85	0,7
Коэффициент $c$ .....	1	1,07	1,16

Резервные кабели допускается прокладывать в незанумерованных каналах блока, если они работают, когда рабочие кабели отключены.

1.3.21. Допустимые длительные токи для кабелей, прокладываемых в двух параллельных блоках одинаковой конфигурации, должны уменьшаться путем умножения на коэффициенты, выбираемые в зависимости от расстояния между блоками:

Расстояние между блоками, мм .....	500	1000	1500	2000	2500	3000
Коэффициент .....	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

## Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и шин

1.3.22. Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и окрасочных шин приведены в таблицах 1.3.29—1.3.35 (приложение №1 к настоящим Правилам). Они приняты из расчета допустимой температуры их нагрева +70°С при температуре воздуха +25°С.

Для полых алюминиевых проводов марок ПА-500 и ПА-600 допустимый длительный ток следует принимать:

Марка провода.....	ПА-500	ПА-600
Ток, А .....	1340	1680

1.3.23. При расположении шин прямоугольного сечения плашмя токи, приведенные в таблице 1.3.31, должны быть уменьшены на 5% для шин с шириной полос до 60 мм и на 8% для шин с шириной полос более 60 мм.

1.3.24. При выборе шин больших сечений необходимо выбирать наиболее экономичные по условиям пропускной способности конструктивные решения, обеспечивающие наименьшие добавочные потери от поверхностного эффекта и эффект близости и наилучшие условия охлаждения (уменьшение количества полос и пакета, рациональная конструкция пакета, применение профильных шин и т. п.).

### Выбор сечения проводников по экономической плотности тока

1.3.25. Сечение проводников должно быть проверено по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение  $S$ , мм<sup>2</sup>, определяется из соотношения

$$S = \frac{I}{J_{э}},$$

где  $I$  — расчетный ток в час максимума энергосистемы, А;  $J_{э}$  — нормированное значение экономической плотности тока, А/мм<sup>2</sup>, для заданных условий работы, выбираемое по таблице 1.3.36 (приложение №1 к настоящим Правилам).

Сечение, полученное в результате указанного расчета, округляется до ближайшего стандартного сечения. Расчетный ток принимается для нормального режима работы, т. е. увеличение тока в послеаварийных и ремонтных режимах сети не учитывается.

1.3.26. Выбор сечений проводов линий электропередачи постоянного и переменного тока напряжением 330 кВ и выше, а также линий межсистемных связей и мощных жестких и гибких токопроводов, работающих с большим числом часов использования максимума, производится на основе технико-экономических расчетов.

1.3.27. Увеличение количества линий или цепей сверх необходимого по условиям надежности электроснабжения в целях удовлетворения экономической плотности тока производится на основе технико-

экономического расчета. При этом во избежание увеличения количества линий или цепей допускается двукратное превышение нормированных значений, приведенных в таблице 1.3.36.

В технико-экономических расчетах следует учитывать все вложения в дополнительную линию, включая оборудование и камеры распределительных устройств на обоих концах линий. Следует также проверять целесообразность повышения напряжения линии.

Данными указаниями следует руководствоваться также при замене существующих проводов проводами большего сечения или при прокладке дополнительных линий для обеспечения экономической плотности тока при росте нагрузки. В этих случаях должна учитываться также полная стоимость всех работ по демонтажу и монтажу оборудования линии, включая стоимость аппаратов и материалов.

1.3.28. Проверке по экономической плотности тока не подлежат:

сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1000 В при числе часов использования максимума нагрузки предприятий до 4000—5000;

ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1000 В, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;

сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств всех напряжений;

проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам и т. п.;

сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3—5 лет.

1.3.29. При пользовании таблицей 1.3.36 необходимо руководствоваться следующим (смотри также пункт 1.3.27 настоящих Правил):

1. При максимуме нагрузки в ночное время экономическая плотность тока увеличивается на 40%.

2. Для изолированных проводников сечением 16 мм<sup>2</sup> и менее экономическая плотность тока увеличивается на 40%.

3. Для линий одинакового сечения с  $n$  ответвляющимися нагрузками экономическая плотность тока в начале линии может быть увеличена в  $k_y$  раз, причем  $k_y$  определяется из выражения

$$k_y = \sqrt{\frac{I_1^2 L}{I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2 + \dots + I_n^2 l_n}}$$

где  $I_1, I_2, \dots, I_n$  — нагрузки отдельных участков линии;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длины отдельных участков линии;  $L$  — полная длина линии.

4. При выборе сечений проводников для питания  $n$  однотипных, взаиморезервируемых электроприемников (например, насосов водоснабжения, преобразовательных агрегатов и т. д.), из которых  $m$  одновременно находятся в работе, экономическая плотность тока может быть увеличена против значений, приведенных в таблице 1.3.36, в  $k_n$  раз, где  $k_n$  равно:

$$k_n = \sqrt{\frac{n}{m}}$$

1.3.10. Сечение проводов ВЛ 35 кВ в сельской местности, питающих понижающие подстанции 35/6 — 10 кВ с трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой, должно выбираться по экономической плотности тока. Расчетную нагрузку при выборе сечений проводов рекомендуется принимать на перспективу в 5 лет, считая от года ввода ВЛ в эксплуатацию. Для ВЛ 35 кВ, предназначенных для резервирования в сетях 35 кВ в сельской местности, должны применяться минимальные по длительно допустимому току сечения проводов, исходя из обеспечения питания потребителей электроэнергии в аварийных и ремонтных режимах.

1.3.11. Выбор экономических сечений проводов, воздушных и жил кабельных линий, имеющих промежуточные отборы мощности, следует производить для каждого из участков, исходя из соответствующих расчетных токов участков. При этом для соседних участков допускается принимать одинаковое сечение провода, соответствующее экономическому для наиболее протяженного участка, если разница между значениями экономического сечения для этих участков находится в пределах одной ступени по шкале стандартных сечений. Сечения проводов на ответвлениях длиной до 1 км принимаются такими же, как на ВЛ, от которой производится ответвление. При большей длине ответвления экономическое сечение определяется по расчетной нагрузке этого ответвления.

1.3.12. Для линий электропередачи напряжением 6 — 20 кВ приведенные в таблице 1.3.16 значения плотности тока допускается применять лишь тогда, когда они не вызывают отклонения напряжения у приемников электроэнергии сверх допустимых пределов с учетом применяемых средств регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности.

### **Проверка проводников по условиям короны и радиопомех**

1.3.33. При напряжении 35 кВ и выше проводники должны быть проверены по условиям образования короны с учетом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, приведенного радиуса проводника, а также коэффициента негладкости проводников.

При этом наибольшая напряженность поля у поверхности любого из проводников, определенная при среднем эксплуатационном напряжении, должна быть не более 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны.

Проверку следует проводить в соответствии с действующими руководящими указаниями.

Кроме того, для проводников необходима проверка по условиям допустимого уровня радиопомех от короны.



## **Глава 1.4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания**

### **Область применения**

1.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на выбор и применение по условиям КЗ электрических аппаратов и проводников в электроустановках переменного тока частотой 50 Гц, напряжением до и выше 1000 В.

### **Общие требования**

1.4.2. По режиму КЗ должны проверяться (исключения смотри в пункте 1.4.3 настоящих Правил):

1. В электроустановках выше 1000 В:

а) электрические аппараты, токопроводы, кабели и другие проводники, а также опорные и несущие конструкции для них;

б) воздушные линии электропередачи при ударном токе КЗ 50 кА и более для предупреждения схлестывания проводов при динамическом действии токов КЗ.

Кроме того, для линий с расщепленными проводами должны быть проверены расстояния между распорками расщепленных проводов для предупреждения повреждения распорок и проводов при схлестывании.

Провода ВЛ, оборудованных устройствами быстродействующего автоматического повторного включения, следует проверять и на термическую стойкость.

2. В электроустановках до 1000 В — только распределительные щиты, токопроводы и силовые шкафы. Трансформаторы тока по режиму КЗ не проверяются.

Аппараты, которые предназначены для отключения токов КЗ или могут по условиям своей работы включать короткозамкнутую цепь, должны, кроме того, обладать способностью производить эти операции при всех возможных токах КЗ.

Стойкими при токах КЗ являются те аппараты и проводники, которые при расчетных условиях выдерживают воздействия этих токов, не подвергаясь электрическим, механическим и иным разрушениям или деформациям, препятствующим их дальнейшей нормальной эксплуатации.

1.4.3. По режиму КЗ при напряжении выше 1000 В не проверяются:

1. Аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями с вставками на номинальный ток до 60 А, — по электродинамической стойкости.

2. Аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями независимо от их номинального тока и типа, — по термической стойкости.

Цепь считается защищенной плавким предохранителем, если его отключающая способность выбрана в соответствии с требованиями настоящих Правил и он способен отключить наименьший возможный аварийный ток в данной цепи.

3. Проводники в цепях к индивидуальным электроприемникам, в том числе к цеховым трансформаторам общей мощностью до 2,5 МВ А и с высшим напряжением до 20 кВ, если соблюдены одновременно следующие условия:

а) и электрической или технологической части предусмотрена необходимая степень релейной защиты, выполненной так, что отключение указанных электроприемников не вызывает расстройства технологического процесса;

б) повреждение проводника при КЗ не может вызвать взрыва или пожара;

в) возможны замена проводника без значительных затруднений.

4. Проводники к индивидуальным электроприемникам, указанным в подпункте 3 настоящего пункта Правил, а также к отдельным небольшим распределительным пунктам, если такие электроприемники и распределительные пункты являются исключительными по своему назначению и если для них выполнено хотя бы только условие, приведенное в подпункте 3, б настоящего пункта Правил.

5. Трансформаторы тока в цепях до 20 кВ, питающих трансформаторы или реактирующие линии, в случаях, когда выбор трансформаторов тока по условиям КЗ требует такого завышения коэффициентов трансформации, при котором не может быть обеспечен необходимый класс точности присоединенных измерительных приборов (например, расчетных счетчиков); при этом на стороне высшего напряжения в цепях силовых трансформаторов рекомендуется избегать применения трансформаторов тока, не стойких к току КЗ, а приборы учета рекомендуется присоединять к трансформаторам тока на стороне низшего напряжения.

6. Провода III (смотри также подпункт 1, б пункта 1.4.2 настоящих Правил).

7. Аппараты и шины цепей трансформаторов напряжения при расположении их в отдельной камере или же дополнительным резистором, встроенным в предохранитель, или установленным отдельно.

1.4.4. При выборе расчетной схемы для определения токов КЗ следует исходить из предусмотренных для данной электроустановки условий длительной ее работы и не считаться с кратковременными видоизменениями схемы этой электроустановки, которые не предусмотрены для длительной эксплуатации (например, при переключениях). Ремонтные и послеаварийные режимы работы электроустановки к кратковременным изменениям схемы не относятся.

Расчетная схема должна учитывать перспективу развития внешних сетей и генерирующих источников, с которыми электрически связывается рассматриваемая установка, не менее чем на 5 лет от запланированного срока ввода ее в эксплуатацию.

При этом допустимо вести расчет токов КЗ приближенно для начального момента КЗ.

1.4.5. В качестве расчетного вида КЗ следует принимать:

1. Для определения электродинамической стойкости аппаратов и жестких шин в отношении к ним поддерживающими и опорными конструкциями — трехфазное КЗ.

2. Для определения термической стойкости аппаратов и проводников — трехфазное КЗ; на генераторном напряжении электростанций — трехфазное или двухфазное в зависимости от того, какое из них приводит к большему нагреву.

3. Для выбора аппаратов по коммутационной способности — по большему из значений, получаемых для случаев трехфазного и однофазного КЗ на землю (в сетях с большими токами замыкания на землю); если выключатель характери-

зуется двумя значениями коммутационной способности — трехфазной и однофазной — соответственно по обоим значениям.

1.4.6. Расчетный ток КЗ следует определять исходя из условия повреждения в такой точке рассматриваемой цепи, при КЗ в которой аппараты и проводники этой цепи находятся в наиболее тяжелых условиях (исключения смотри в пункте 1.4.7 и подпункте 3 пункта 1.4.17 настоящих Правил). Со случаями одновременного замыкания на землю различных фаз в двух разных точках схемы допустимо не считаться.

1.4.7. На реактированных линиях в закрытых распределительных устройствах проводники и аппараты, расположенные до реактора и отделенные от питающих сборных шин (на ответвлениях от линий — от элементов основной цепи) разделяющими полками, перекрытиями и т. п., набираются по току КЗ за реактором, если последний расположен в том же здании и соединение выполнено шинами.

Шинные ответвления от сборных шин до разделяющих полок и проходные изоляторы в последних должны быть выбраны исходя из КЗ до реактора.

1.4.8. При расчете термической стойкости в качестве расчетного времени следует принимать сумму времен, получаемую от сложения времени действия основной защиты (с учетом действия АПВ), установленной у ближайшего к месту КЗ выключателя, и полного времени отключения этого выключателя (включая время горения дуги).

При наличии зоны нечувствительности у основной защиты (по току, напряжению, сопротивлению и т. п.) термическую стойкость необходимо дополнительно проверять, исходя из времени действия защиты, реагирующей на повреждение в этой зоне, плюс полное время отключения выключателя. При этом в качестве расчетного тока КЗ следует принимать то значение его, которое соответствует этому месту повреждения.

Аппаратура и токопроводы, применяемые в цепях генераторов мощностью 60 МВт и более, а также в цепях блоков генератор — трансформатор такой же мощности, должны проверяться по термической стойкости, исходя из времени прохождения тока КЗ 4с.

### **Определение токов короткого замыкания для выбора аппаратов и проводников**

1.4.9. В электроустановках до 1000 В и выше при определении токов КЗ для выбора аппаратов и проводников и определения воздействия на несущие конструкции следует исходить из следующего:

1. Все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки КЗ, работают одновременно с номинальной нагрузкой.
2. Все синхронные машины имеют автоматические регуляторы напряжения и устройства форсировки возбуждения.
3. Короткое замыкание наступает в такой момент времени, при котором ток КЗ будет иметь наибольшее значение.
4. Электродвижущие силы всех источников питания совпадают по фазе.

5. Расчетное напряжение каждой ступени принимается на 5% выше номинального напряжения сети.

6. Должно учитываться влияние на токи КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей. Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывается при мощности электродвигателей до 100 кВт в единице, если электродвигатели отделены от места КЗ одной ступенью трансформации, а также при любой мощности, если они отделены от места КЗ двумя или более ступенями трансформации либо если ток от них может поступать к месту КЗ только через те элементы, через которые проходит основной ток КЗ от сети и которые имеют существенное сопротивление (линии, трансформаторы и т. п.).

1.4.10. В электроустановках выше 1000 В в качестве расчетных сопротивлений следует принимать индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, а также токопроводов. Активное сопротивление следует учитывать только для ВЛ с проводами малых сечений и стальными проводами, а также для протяженных кабельных сетей малых сечений с большим активным сопротивлением.

1.4.11. В электроустановках до 1000 В в качестве расчетных сопротивлений следует принимать индуктивные и активные сопротивления всех элементов цепи, включая активные сопротивления переходных контактов цепи. Допустимо пренебречь сопротивлениями одного вида (активными или индуктивными), если при этом полное сопротивление цепи уменьшается не более чем на 10%.

1.4.12. В случае питания электрических сетей до 1000 В от понижающих трансформаторов при расчете токов КЗ следует исходить из условия, что подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номинальному напряжению.

1.4.13. Элементы цепи, защищенной плавким предохранителем с токоограничивающим действием, следует проверять на электродинамическую стойкость по наибольшему мгновенному значению тока КЗ, пропускаемого предохранителем.

### **Выбор проводников и изоляторов, проверка несущих конструкций по условиям динамического действия токов короткого замыкания**

1.14. Усилия, действующие на жесткие шины и передающиеся ими на изоляторы и поддерживающие жесткие конструкции, следует рассчитывать по наибольшему мгновенному значению тока трехфазного КЗ  $i_k$ , с учетом сдвига между токами в фазах и без учета механических колебаний шинной конструкции. В отдельных случаях (например, при предельных расчетных механических напряжениях) могут быть учтены механические колебания шин и шинных конструкций.

Импульсы силы, действующие на гибкие проводники и поддерживающие их изоляторы, выводы и конструкции, рассчитываются по среднеквадратическому (за время прохождения) току двухфазного замыкания между соседними фазами. При расщепленных проводниках и гибких токопроводах взаимодействие токов КЗ в проводниках одной и той же фазы определяется по действующему значению тока трехфазного КЗ.

Гибкие токопроводы должны проверяться на схлестывание.

1.4.15. Найденные расчетом в соответствии с пунктом 1.4.14 настоящих Правил механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные и проходные изоляторы, должны составить в случае применения одиночных изоляторов не более 60% соответствующих гарантийных значений наименьшего разрушающего усилия; при спаренных опорных изоляторах — не более 100% разрушающего усилия одного изолятора.

При применении шин составных профилей (многополосные, из двух швеллеров и т. д.) механические напряжения находятся как арифметическая сумма напряжений от взаимодействия фаз и взаимодействия элементов каждой шины между собой.

Наибольшие механические напряжения в материале жестких шин не должны превосходить 0,7 временного сопротивления разрыву по ГОСТ.

#### **Выбор проводников по условиям нагрева при коротком замыкании**

1.4.16. Температура нагрева проводников при КЗ должна быть не выше следующих предельно допустимых значений, °С:

Шины:

Медные	300
Алюминиевые	200
стальные, не имеющие непосредственного соединения к аппаратам	400
стальные с непосредственным присоединением к аппарату	300
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение, кВ:	
до 10	200
20 – 220	125
Кабели и изолированные провода с медными и алюминиевыми жилами и изоляцией:	
поливинилхлоридной и резиновой	150
Полиэтиленовой	120
Медные неизолированные провода при тяжениях, Н/мм <sup>2</sup> :	
менее 20	250
20 и более	200

Алюминиевые не изолированные провода при тяжениях, Н/мм<sup>2</sup>:

меньше 10	200
10 и более	160
Алюминиевая часть сталеалюминиевых проводов	200
Кабели с медными и алюминиевыми жилами	
и оболочкой из вулканизированного полиэтилена	250

1.4.17. Проверка кабелей на нагрев токами КЗ в тех случаях, когда это требуется в соответствии с пунктами 1.4.2 и 1.4.3 настоящих Правил, должна производиться для:

1) одиночных кабелей одной строительной длины, исходя из КЗ в начале кабеля;

2) одиночных кабелей со ступенчатыми сечениями по длине, исходя из КЗ в начале каждого участка нового сечения;

3) пучки из двух и более параллельно включенных кабелей, исходя из КЗ непосредственно за пучком (по сквозному току КЗ).

1.4.18. При проверке на термическую стойкость аппаратов и проводников линий, оборудованных устройствами быстрого действия АПВ, должно учитываться повышение напряжения из-за увеличения суммарной продолжительности прохождения тока КЗ по таким линиям.

Расчетные провода ВЛ при проверке на нагрев в условиях КЗ рассматриваются как один провод суммарного сечения.

### **Выбор аппаратов по коммутационной способности**

1.4.19. Выключатели выше 1000 В следует выбирать:

1) по отключающей способности с учетом параметров восстанавливающего напряжения;

2) по включающей способности. При этом выключатели генераторов, установленные на стороне генераторного напряжения, проверяются только на несинхронное включение в условиях противофазы.

1.4.20. Предохранители следует выбирать по отключающей способности. При этом в качестве расчетного тока следует принимать действующее значение периодической составляющей начального тока КЗ без учета токоограничивающей способности предохранителей.

1.4.21. Выключатели нагрузки и короткозамыкатели следует выбирать по предельно допустимому току, возникающему при включении на КЗ.

1.4.22. Отделители и разъединители не требуется проверять по коммутационной способности при КЗ. При использовании отделителей и разъединителей для отключения—включения ненагруженных линий, ненагруженных трансформаторов или уравнильных токов параллельных цепей отделители и разъединители следует проверять по режиму только отключения—включения.

### Область применения, определения

1.5.1. Настоящая глава Правил содержит требования к учету электроэнергии в электроустановках.

Предъявляемые требования настоящей главы обязательны при: осуществлении производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии;

выполнении проектных, монтажных, наладочных и ремонтных работ по организации учета электроэнергии;

обеспечении эксплуатации средств учета электрической энергии.

Дополнительные требования к учету электроэнергии в жилых и общественных зданиях приведены в главе "Электрооборудование специальных установок".

1.5.2. Расчетным учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными счетчиками.

1.5.3. Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, отдельных цехов, энергоемкого оборудования предприятий, в зданиях, и т. п.

Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета.

Для учета электроэнергии должны использоваться средства измерений, типы которых утверждены агентством «Узстандарт» и внесены в Государственный реестр средств измерений.

### Общие требования

1.5.4. Организация учета при производстве, распределении, транспортировке, отпуске или продаже электроэнергии должна осуществляться на основе «Порядка организации учета топлива и энергии при их производстве, распределении и потреблении» РД Уз 51-083-39.

Учет активной электроэнергии должен обеспечивать определение количества энергии:

- 1) выработанной генераторами электростанций;
- 2) потребленной на собственные и хозяйственные (раздельно) нужды электростанций и подстанций;
- 3) отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанции непосредственно к потребителям;
- 4) переданной в другие энергосистемы или полученной от них;
- 5) отпущенной потребителям из электрической сети;

б) переданной на экспорт и полученной по импорту.

Кроме того, учет активной электроэнергии должен обеспечивать возможность:

определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы;

составления балансов электроэнергии для хозяйственных подразделений энергосистемы;

контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления, баланса электроэнергии;

определения потерь электроэнергии в системе электроснабжения.

1.5.5. Учет реактивной электроэнергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

### **Пункты установки средств учета электроэнергии**

1.5.6. Счетчики для расчета электроснабжающей организации с потребителями электроэнергии рекомендуется устанавливать на границе раздела сети (по балансовой принадлежности) электроснабжающей организации и потребителя, в соответствии с «Правилами пользования электрической энергией», и должны отвечать требованиям КМК.

1.5.7. Расчетные счетчики активной электроэнергии на электростанции должны устанавливаться:

1) для каждого генератора с таким расчетом, чтобы учитывалась вся выработанная генератором электроэнергия;

2) для всех присоединений шин генераторного напряжения, по которым возможна реверсивная работа, — по два счетчика со стопорами;

3) для межсистемных линий электропередачи — два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию;

4) для линий всех классов напряжений, отходящих от шин электростанций и присоединяющихся к потребителям (смотри также пункт 1.3.10 настоящих Правил).

Для линий до 10 кВ, отходящих от шин электростанций, во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (смотри пункт 1.5.23 настоящих Правил), а также предусмотрены места для установки счетчиков;

5) для всех трансформаторов и линий, питающих шины основного напряжения (шины ПНО В) собственных нужд (СН).

Счетчики устанавливаются на стороне высшего напряжения; если трансформаторы СН электростанции питаются от шин 35 кВ и выше или ответвлением от блоков на напряжении выше 10 кВ, допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов;



б) для линий хозяйственных нужд (например, питание механизмов и установок ремонтно-производственных баз) и посторонних потребителей, присоединенных к распределительному устройству СН электростанций;

7) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, — два счетчика со стопорами;

На электростанциях, оборудуемых системами централизованного сбора и обработки информации, указанные системы следует использовать для централизованного расчетного и технического учета электроэнергии. На остальных электростанциях рекомендуется применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

1.5.8. На электростанциях мощностью до 1 МВт расчетные счетчики активной электроэнергии должны устанавливаться только для генераторов и трансформаторов СН или только для трансформаторов СН и отходящих линий.

1.5.9. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы должны устанавливаться:

1) для каждой отходящей линии электропередачи, принадлежащей потребителям (смотри также пункт 1.5.10 настоящих Правил);

2) для межсистемных линий электропередачи — по два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию; при наличии ответвлений от этих линий в другие энергосистемы — по два счетчика со стопорами, учитывающих полученную и отпущенную электроэнергию, на вводах в подстанции этих энергосистем;

3) на трансформаторах СН;

4) для линий хозяйственных нужд или посторонних потребителей (поселок и т. п.), присоединенных к шинам СН;

5) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет — два счетчика со стопорами.

Для линий до 10 кВ во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (смотри пункт 1.5.23 настоящих Правил), а также предусмотрены места для установки счетчиков.

1.5.10. Расчетные счетчики, предусматриваемые в соответствии с подпунктом 4 пункта 1.5.7 и подпунктом 1 пункта 1.5.9 настоящих Правил, допускается устанавливать не на питающем, а на приемном конце линии у потребителя в случаях, когда трансформаторы тока на электростанциях и подстанциях, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии.

1.5.11. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции, принадлежащей потребителю, должны устанавливаться:

1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя в соответствии с пунктом 1.5.10 настоящих Правил при отсутствии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении;

2) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции потребителя при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или наличии другого потребителя на питающем напряжении.

Допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов в случаях, когда трансформаторы тока, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных трансформаторов тока отсутствует обмотка класса точности 0,5.

В случае, когда установка дополнительных комплектов трансформаторов тока со стороны низшего напряжения силовых трансформаторов для включения расчетных счетчиков невозможна (КРУ, КРУН) допускается организация учета на отходящих линиях 6—10 кВ.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму заявленной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки при наличии одного пункта учета, при наличии двух или более пунктов учета — применение автоматизированной системы учета электроэнергии;

3) на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения применение измерительных трансформаторов не требуется для других целей;

4) на трансформаторах СН, если электроэнергия, опущенная на собственные нужды, не учитывается другими счетчиками; при этом счетчики рекомендуется устанавливать со стороны низшего напряжения;

5) на границе раздела сетей основного потребителя и постороннего потребителя (субабонента), если от линии или трансформаторов потребителей питается еще посторонний потребитель, находящийся на самостоятельном балансе.

Для потребителей каждой тарификационной группы следует устанавливать отдельные расчетные счетчики.

1.5.12. Счетчики реактивной электроэнергии должны устанавливаться:

1) на тех же элементах схемы, на которых установлены счетчики активной электроэнергии для потребителей, рассчитывающихся за электроэнергию с учетом разрешенной к использованию реактивной мощности;

2) на присоединениях источников реактивной мощности потребителей, если по ним производится расчет за электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы.

Если со стороны предприятия с согласия энергосистемы производится выдача реактивной электроэнергии в сеть энергосистемы, необходимо устанавливать два счетчика реактивной электроэнергии со стопорами в тех элементах схемы, где установлен расчетный счетчик активной электроэнергии. Во всех других случаях должен устанавливаться один счетчик реактивной электроэнергии со стопором.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму разрешенной реактивной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки, при наличии двух или

более пунктов учета — применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

### Требования к расчетным счетчикам

1.5.13. Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке — пломбу энергоснабжающей организации.

На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 мес., а на однофазных счетчиках — с давностью не более 2 лет.

1.5.14. Учет активной и реактивной электроэнергии должен производиться с помощью электронных приборов учета электроэнергии, отвечающих государственным стандартам и не допускающих вмешательства извне.

1.5.15. Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета приведены ниже:

Генераторы мощностью более 50 МВт, межсистемные линии электропередачи 220 кВ и выше, трансформаторы мощностью 63 МВ·А и более  
..... 0,5

Генераторы мощностью 12 - 50 МВт, межсистемные линии электропередачи 110—150 кВ, трансформаторы мощностью 10—40 МВ·А.....1,0

Прочие объекты учета .....2,0

Класс точности счетчиков реактивной электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков активной электроэнергии.

### Учёт с применением измерительных трансформаторов

1.5.16. Для присоединения расчетных счётчиков электроэнергии класс точности трансформаторов тока и напряжения, должен быть 0,5 (или более точным).

Для присоединения счетчиков технического учета допускается использование трансформаторов тока класса точности 1,0, а также встроенных трансформаторов тока класса точности ниже 1,0, если для получения класса точности 1,0 требуется установка дополнительных комплектов трансформаторов тока.

Трансформаторы напряжения, используемые для присоединения счетчиков технического учета, могут иметь класс точности ниже 1,0.

1.5.17. Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке — не менее 5%.

1.5.18. Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует проводить, как правило, отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами.

Допускается производить совместное присоединение токовых цепей, если тщательное их присоединение требует установки дополнительных трансформаторов тока, а совместное присоединение не приводит к снижению класса точности и надежности цепей трансформаторов тока, служащих для учета, и обеспечивает необходимые характеристики устройств релейной защиты.

Использование промежуточных трансформаторов тока для включения расчетных счетчиков запрещается (исключение смотри в пункте 1.5.21 настоящих Правил).

1.5.19. Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, не должна превышать номинальных значений.

Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения расчетных счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях составляли не более 0,25% номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0,5 и не более 0,5% при питании от трансформаторов напряжения класса точности 1,0. Для обеспечения этого требования допускается применение отдельных кабелей от трансформаторов напряжения до счетчиков.

Потери напряжения от трансформаторов напряжения до счетчиков технического учета должны составлять не более 1,5% номинального напряжения.

1.5.20. Для присоединения расчетных счетчиков на линиях электропередачи 110 кВ и выше допускается установка дополнительных трансформаторов тока (при отсутствии вторичных обмоток для присоединения счетчиков, для обеспечения работы счетчика в требуемом классе точности, по условиям нагрузки на вторичные обмотки и т. п.). Смотри также пункт 1.5.18 настоящих Правил.

1.5.21. Для обходных выключателей 110 и 220 кВ со встроенными трансформаторами тока допускается снижение класса точности этих трансформаторов тока на одну ступень по отношению к указанному в пункте 1.5.16 настоящих Правил.

Для обходного выключателя 110 кВ и шиносоединительного (междусекционного) выключателя 110 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока (имеющими не более трех вторичных обмоток) допускается включение токовых цепей счетчика совместно с цепями защиты при использовании промежуточных трансформаторов тока класса точности не более 0,5; при этом допускается снижение класса точности трансформаторов тока на одну ступень.

Такое же включение счетчиков и снижение класса точности трансформаторов тока допускается для шиносоединительного (междусекционного) выключателя на напряжение 220 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока и на напряжение 110—220 кВ со встроенными трансформаторами тока.

1.5.22. Для питания цепей счетчиков могут применяться как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, в том числе четырех- и пяти-стержневые, применяемые для контроля изоляции.

1.5.23. Цепи учета следует выводить на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов. При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки.

Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока, отключение токовых цепей счетчика и цепей напряжения в каждой фазе счетчиков при их замене или проверке, а также включение образцового счетчика без отсоединения проводов и кабелей.

Конструкция сборок и коробок зажимов расчетных счетчиков должна обеспечивать возможность их пломбирования.

1.5.24. Трансформаторы напряжения, используемые только для учета и защищенные на стороне высшего напряжения предохранителями, должны иметь контроль целостности предохранителей.

1.5.25. При нескольких системах шин и присоединении каждого трансформатора напряжения только к своей системе шин должно быть предусмотрено устройство для переключения цепей счетчиков каждого присоединения на трансформаторы напряжения соответствующих систем шин.

1.5.26. На подстанциях потребителей конструкция решеток и дверей камер, в которых установлены предохранители на стороне высшего напряжения трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должна обеспечивать возможность их пломбирования.

Рукоятки приводов разъединителей трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должны иметь приспособления для их пломбирования.

### **Установка счетчиков и электропроводка к ним**

1.5.27. Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой, в зимнее время не ниже 0 °С.

Счетчики общепромышленного исполнения не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура может часто превышать +40°С, а также в помещениях с агрессивными средами.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах распределительных устройств электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20 °С.

1.5.28. Счетчики, предназначенные для учета электроэнергии, вырабатываемой генераторами электростанций, следует устанавливать в помещениях со средней температурой окружающего воздуха +15 ÷ +25°С. При отсутствии та-

ких помещений счетчики рекомендуется помещать в специальных шкафах, где должна поддерживаться указанная температура в течение всего года.

1.5.29. Счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах комплектных распределительных устройств (КРУ, КРУН), на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию.

Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8—1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

1.5.30. В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки и т. п.), для счетчиков должен предусматриваться запирающийся шкаф с окошком на уровне циферблата. Аналогичные шкафы должны устанавливаться также для совместного размещения счетчиков и трансформаторов тока при выполнении учета на стороне низшего напряжения (на вводе у потребителей).

1.5.31. Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков и т. п. должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков и трансформаторов тока. Кроме того, должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 1°. Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

1.5.32. Электропроводки к счетчикам должны отвечать требованиям, приведенным в главе 2.1 раздела 2 и главе 3.4 раздела 3 настоящих Правил.

1.5.33. В электропроводке к расчетным счетчикам наличие паяк не допускается.

1.5.34. Сечения проводов и кабелей, присоединяемых к счетчикам, должны приниматься в соответствии с пунктом 3.4.4 главы 3.4 раздела 3 (смотри также пункт 1.5.19 настоящих Правил).

1.5.35. При монтаже электропроводки для присоединения счетчиков непосредственного включения около счетчиков необходимо оставлять концы проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция или оболочка нулевого провода на длине 100 мм перед счетчиком должна иметь отличительную окраску.

1.5.36. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

1.5.37. Заземление (зануление) счетчиков и трансформаторов тока должно выполняться в соответствии с требованиями главы 1.7 раздела 1 настоящих Правил. При этом заземляющие и нулевые защитные проводники от счетчиков и трансформаторов тока напряжением до 1000 В до ближайшей сборки зажимов должны быть медными.

1.5.38. При наличии на объекте нескольких присоединений с отдельным учетом электроэнергии на панелях счетчиков должны быть надписи наименований присоединений.

### Технический учет

1.5.39. На тепловых электростанциях с агрегатами (блоками), не оборудованными информационными или управляющими вычислительными машинами, следует устанавливать стационарные счетчики технического учета в системе СН для возможности расчетов технико-экономических показателей. При этом установка счетчиков активной электроэнергии должна производиться в цепях электродвигателей, питающихся от шин распределительного устройства основного напряжения (выше 1000 В) собственных нужд, и в цепях всех трансформаторов, питающихся от этих шин.

1.5.40. На электростанциях с поперечными связями (имеющих общий паропровод) на стороне генераторного напряжения повышающих трансформаторов должна предусматриваться техническая возможность установки (в условиях эксплуатации) счетчиков технического учета активной электроэнергии, используемых для контроля правильности работы расчетных генераторных счетчиков.

1.5.41. Счетчики активной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на подстанциях напряжением 35 кВ и выше энергосистем: на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов; на каждой отходящей линии электропередачи 6 кВ и выше, находящейся на балансе энергосистемы.

Счетчики реактивной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов подстанций 35 кВ и выше энергосистем.

Указанные требования к установке счетчиков электроэнергии подлежат реализации по мере обеспечения счетчиками.

1.5.42. На предприятиях необходимо установить стационарные счетчики для контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, технологическими линиями, отдельными энергоемкими агрегатами, для определения расхода электроэнергии на единицу продукции или полуфабриката.

Допускается установка счетчиков технического учета на вводе предприятия, если расчетный учет с этим предприятием ведется по счетчикам, установленным на подстанциях или электростанциях энергосистем.

На установку и снятие счетчиков технического учета на предприятиях разрешения энергоснабжающей организации не требуется.

1.5.43. Приборы технического учета на предприятиях (счетчики и измерительные трансформаторы) должны находиться в ведении самих потребителей и должны удовлетворять требованиям пунктов 1.5.13 (за исключением требования о наличии пломбы энергоснабжающей организации), 1.5.14 и 1.5.15 настоящих Правил.

1.5.44. Класс точности счетчиков технического учета электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже (см. п. 1.5.15) соответствующего класса точности счетчиков расчетного учета электроэнергии

## **Глава 1.6. Измерения электрических величин**

### **Область применения**

1.6.1. Настоящая глава Правил распространяется на измерения электрических величин, осуществляемых при помощи стационарных средств (показывающих, регистрирующих, фиксирующих и др.).

### **Общие требования**

1.6.2. Все средства измерений электрических величин должны быть проверены в установленном порядке и удовлетворять следующим требованиям:

- 1) класс точности измерительных приборов должен быть не выше 2,0;
- 2) классы точности измерительных шунтов, добавочных резисторов, трансформаторов и преобразователей должны быть не хуже приведенных в таблице 1.6.1 (приложение №2 к настоящим Правилам);
- 3) пределы измерения приборов должны выбираться с учетом возможных наибольших длительных отклонений измеряемых величин от номинальных значений.

1.6.3. Установка измерительных приборов должна, как правило, производиться в пунктах, откуда осуществляется управление.

На подстанциях и гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала допускается не устанавливать стационарные показывающие приборы, при этом должны быть предусмотрены места для присоединения переносных приборов специально обученным персоналом.

1.6.4. Измерения на линиях электропередачи 220 кВ и выше, а также на генераторах и трансформаторах должны производиться непрерывно.

На генераторах и трансформаторах гидроэлектростанций допускается производить измерения периодически с помощью средств централизованного контроля.

Допускается производить измерения «по вызову» на общий для нескольких присоединений (за исключением указанных в первом абзаце) комплект показывающих приборов, а также применять другие средства централизованного контроля.

1.6.5. При установке регистрирующих приборов в оперативном контуре пункта управления допускается не устанавливать показывающие приборы для непрерывного измерения тех же величин.



## Измерение тока

1.6.6. Измерение тока должно производиться в цепях всех напряжений, где оно необходимо для систематического контроля технологического процесса или оборудования.

1.6.7. Измерение постоянного тока должно производиться в цепях:

- 1) генераторов постоянного тока и силовых преобразователей;
- 2) аккумуляторных батарей, зарядных, подзарядных и разрядных устройств;
- 3) возбуждения синхронных генераторов, компенсаторов, а также электродвигателей с регулируемым возбуждением.

Амперметры постоянного тока должны иметь двусторонние шкалы, если возможно изменение направления тока.

1.6.8. В цепях переменного трехфазного тока следует, как правило, измерять ток одной фазы.

Измерение тока каждой фазы должно производиться:

- 1) для синхронных турбогенераторов мощностью 12 МВт и более;
- 2) для линий электропередачи с пофазным управлением, линий с продольной компенсацией и линий, для которых предусматривается возможность длительной работы в неполнофазном режиме; в обоснованных случаях может быть предусмотрено измерение тока каждой фазы линий электропередачи 330 кВ и выше с трехфазным управлением;
- 3) для дуговых электропечей.

## Измерение напряжения

1.6.9. Измерение напряжения, как правило, должно производиться:

- 1) на секциях сборных шин постоянного и переменного тока, которые могут работать отдельно.

Допускается установка одного прибора с переключением на несколько точек измерения.

На подстанциях допускается измерять напряжение только на стороне низшего напряжения, если установка трансформаторов напряжения на стороне высшего напряжения не требуется для других целей;

- 2) в цепях генераторов постоянного и переменного тока, синхронных компенсаторов, а также в отдельных случаях в цепях агрегатов специального назначения.

При автоматизированном пуске генераторов или других агрегатов установка на них приборов для непрерывного измерения напряжения не обязательна;

- 3) в цепях возбуждения синхронных машин мощностью 1 МВт и более. В цепях возбуждения гидрогенераторов измерение не обязательно;

- 4) в цепях силовых преобразователей, аккумуляторных батарей, зарядных и подзарядных устройств;

- 5) в цепях дугогасящих реакторов.

1.6.10. В трехфазных сетях измерение производится, как правило, одного междуфазного напряжения. В сетях напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью допускается измерение трех междуфазных напряжений для контроля исправности цепей напряжения одним прибором (с переключением).

1.6.11. Должна производиться регистрация значений одного междуфазного напряжения сборных шин 110 кВ и выше (либо отклонения напряжения от заданного значения) электростанций и подстанций, по напряжению на которых ведется режим энергосистемы.

### **Контроль изоляции**

1.6.12. В сетях переменного тока выше 1000 В с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1000 В с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой, как правило, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением).

Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

### **Измерение мощности**

1.6.13. Измерение мощности должно производиться в цепях:

1) генераторов - активной и реактивной мощности.

При установке на генераторах мощностью 100 МВт и более щитовых показывающих приборов их класс точности должен быть не хуже 1,0.

На электростанциях мощностью 200 МВт и более должна также измеряться суммарная активная мощность.

Рекомендуется измерять суммарную активную мощность электростанций мощностью менее 200 МВт при необходимости автоматической передачи этого параметра на вышестоящий уровень оперативного управления;

2) конденсаторных батарей мощностью 25 МВар и более и синхронных компенсаторов — реактивной мощности;

3) трансформаторов и линий, питающих СН напряжением 6 кВ и выше генерных электростанций, — активной мощности;

4) повышающих двухобмоточных трансформаторов электростанций — активной и реактивной мощности. В цепях повышающих трехобмоточных трансформаторов (или автотрансформаторов с использованием обмотки высшего напряжения) измерение активной и реактивной мощностей должно производиться со стороны среднего и низшего напряжений.

Для трансформатора, работающего в блоке с генератором, измерение мощности со стороны низшего напряжения следует производить в цепи генератора;

5) понижающих трансформаторов 220 кВ и выше — активной и реактивной, напряжением 110—150 кВ — активной мощности.

В цепях понижающих двухобмоточных трансформаторов измерение мощности должно производиться со стороны низшего напряжения, а в цепях понижающих трехобмоточных трансформаторов — со стороны среднего и низшего напряжений.

На подстанциях 110—220 кВ без выключателей на стороне высшего напряжения измерение мощности допускается не выполнять. При этом должны предусматриваться места для присоединения контрольных показывающих или регистрирующих приборов;

6) линий напряжением 110 кВ и выше с двусторонним питанием, а также обходных выключателей — активной и реактивной мощности;

7) на других элементах подстанций, где для периодического контроля режимов сети необходимы измерения перетоков активной и реактивной мощности, должна предусматриваться возможность присоединения контрольных переносных приборов.

1.6.14. При установке щитовых показывающих приборов в цепях, в которых направление мощности может изменяться, эти приборы должны иметь двустороннюю шкалу.

1.6.15. Должна производиться регистрация:

- 1) активной мощности турбогенераторов (мощностью 60 МВт и более),
- 2) суммарной мощности электростанций (мощностью 200 МВт и более).

### **Измерение частоты**

1.6.16. Измерение частоты должно производиться:

- 1) на каждой секции шин генераторного напряжения;
- 2) на каждом генераторе блочной тепловой электростанций;
- 3) на каждой системе (секции) шин высшего напряжения электростанции;
- 4) в узлах возможного деления энергосистемы на несинхронно работающие части.

1.6.17. Регистрация частоты или ее отклонения от заданного значения должна производиться:

- 1) на электростанциях мощностью 200 МВт и более;
- 2) на электростанциях мощностью 6 МВт и более, работающих изолированно.

1.6.18. Абсолютная погрешность регистрирующих частотомеров на электростанциях, участвующих в регулировании мощности, должна быть не более  $\pm 0,1$  Гц.

## **Измерения при синхронизации**

1.6.19. Для измерений при точной (ручной или полуавтоматической) синхронизации должны предусматриваться следующие приборы: два вольтметра (или двойной вольтметр); два частотомера (или двойной частотомер); синхроскоп.

### **Регистрация электрических величин в аварийных режимах**

1.6.20. Для автоматической регистрации аварийных процессов в электрической части энергосистемы должны предусматриваться на всех вновь вводимых и реконструируемых объектах цифровые многоканальные регистраторы аварийных сигналов с аналоговыми и дискретными входами, регистрацией предаварийного режима и возможностью передачи данных по каналам телекоммуникаций.

Расстановку регистраторов аварийных событий (РАС) и выбор регистрируемых параметров, как правило, следует производить по согласованию с энергосистемами и в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблицах 1.6.2 и 1.6.3 (приложение №2 к настоящим Правилам), которые также необходимо скорректировать с учетом возможностей цифровой техники.

По согласованию с энергосистемами (районными энергетическими управлениями) могут предусматриваться регистрирующие приборы с ускоренной записью при аварии (для регистрации электрических параметров, не контролируемых с помощью автоматических регистраторов).

1.6.21. На электрических станциях, принадлежащих потребителю и имеющих связь с энергосистемой, цифровые регистраторы аварийных сигналов должны предусматриваться на всех вновь вводимых и реконструируемых объектах для каждой системы шин 110 кВ и выше, по которым осуществляется связь с энергосистемой по линиям электропередачи. Регистрируемые параметры согласовываются с энергосистемой.

1.6.22. Для противоаварийной системной автоматики должны предусматриваться на всех вновь вводимых и реконструируемых объектах цифровые многоканальные регистраторы аварийных событий (РАС). Расстановка регистраторов и выбор регистрируемых параметров предусматриваться проектом противоаварийной системной автоматики.

1.6.23. Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше длиной более 20 км должны предусматриваться фиксирующие приборы. Рекомендуется использовать возможности определения мест повреждения на ВЛ в РАС.

1.6.24. Предусмотреть автоматическую передачу информации от регистраторов на верхние уровни управления.

## Глава 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности

### Область применения, определения

1.7.1. Настоящая глава Правил распространяется на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1000 В и выше и содержит общие требования к их заземлению и защите людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции.

Дополнительные требования приведены в соответствующих главах ПУЭ.

17.2. Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на: электроустановки выше 1000 В в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю);

электроустановки выше 1000 В в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю);

электроустановки до 1000 В с глухозаземленной нейтралью;

электроустановки до 1000 В с изолированной нейтралью.

1.7.3. Электрической сетью с эффективно заземленной нейтралью называется трехфазная электрическая сеть выше 1000 В, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

Коэффициентом замыкания на землю в трехфазной электрической сети называется отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания.

1.7.4. Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока).

1.7.5. Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

1.7.6. Заземлением какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством.

1.7.7. Защитным заземлением называется заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности.

1.7.8. Рабочим заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки.

1.7.9. Занулением в электроустановках напряжением до 1000 В называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока.

1.7.10. Замыканием на землю называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с конструктивными частями, не изолированными от земли, или непосредственно с землей.

Замыканием на корпус называется случайное соединение находящихся под напряжением частей электроустановки с их конструктивными частями, нормально не находящимися под напряжением.

1.7.11. Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

1.7.12. Заземлителем называется проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

1.7.13. Искусственным заземлителем называется заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

1.7.14. Естественным заземлителем называются находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, используемые для целей заземления.

1.7.15. Магистралью заземления или зануления называется соответственно заземляющий или нулевой защитный проводник с двумя или более ответвлениями.

1.7.16. Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем.

1.7.17. Защитным проводником (РЕ) в электроустановках называется проводник, применяемый для защиты от поражения людей и животных электрическим током. В электроустановках до 1000 В защитный проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора, называется нулевым защитным проводником.

1.7.18. Нулевым рабочим проводником (N) в электроустановках до 1000 В называется проводник, используемый для питания электроприемников, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в трехпроводных сетях постоянного тока.

Совмещенным нулевым защитным и нулевым рабочим проводником (PEN) в электроустановках до 1000 В называется проводник, сочетающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

В электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью нулевой рабочий проводник может выполнять функции нулевого защитного проводника.

1.7.19. Зоной растекания называется область земли, в пределах которой возникает заметный градиент потенциала при стекании тока с заземлителя.

1.7.20. Зоной нулевого потенциала называется зона земли за пределами зоны растекания.

1.7.21. Напряжением на заземляющем устройстве называется напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземляющее устройство и зоной нулевого потенциала.

1.7.22. Напряжением относительно земли при замыкании на корпус называется напряжение между этим корпусом и зоной нулевого потенциала.

1.7.23. Напряжением прикосновения называется напряжение между двумя точками цепи тока замыкания на землю (на корпус) при одновременном прикосновении к ним человека.

1.7.24. Напряжением шага называется напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека.

1.7.25. Током замыкания на землю называется ток, стекающий на землю через место замыкания.

1.7.26. Сопротивлением заземляющего устройства называется отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

1.7.27. Эквивалентным удельным сопротивлением земли с неоднородной структурой называется такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Термин «удельное сопротивление», применяемый в настоящих Правилах, для земли с неоднородной структурой следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление».

1.7.28. Защитным отключением в электроустановках до 1000 В называется автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения.

1.7.29. Двойной изоляцией электроприемника называется совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которой доступные прикосновению части электроприемника не приобретают опасного напряжения при повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции.

1.7.30. Малым напряжением называется номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое в электрических установках для обеспечения электробезопасности.

1.7.31. Разделительным трансформатором называется трансформатор, предназначенный для отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления.

### **Общие требования**

1.7.32. Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

1.7.33. Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

1) при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока — во всех электроустановках (смотри также пункты 1.7.44 и 1.7.48 настоящих Правил);

2) при номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока — только в помещениях с повышенной опасностью, особоопасных и в наружных установках.

Заземление или зануление электроустановок не требуется при номинальных напряжениях до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока во всех случаях, кроме указанных в подпункте 6 пункта 1.7.46 настоящих Правил, и в главах 7.3 и 7.6 раздела 7 ПУЭ.

1.7.34. Заземление или зануление электрооборудования, установленного на опорах ВЛ (силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители, конденсаторы и другие аппараты), должно

быть выполнено с соблюдением требований, приведенных в соответствующих главах ПУЭ, а также в настоящей главе.

Сопrotивление заземляющего устройства опоры ВЛ, на которой установлено электрооборудование, должно соответствовать требованиям:

1) пунктов 1.7.57—1.7.59 настоящих Правил — в электроустановках выше 1000 В сети с изолированной нейтралью;

2) пункта 1.7.61 настоящих Правил — в электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью;

3) пункта 1.7.65 настоящих Правил — в электроустановках до 1000 В с изолированной нейтралью;

4) пункта 2.5.76 главы 2.5 раздела 2 ПУЭ — в сетях 110 кВ и выше.

В трехфазных сетях до 1000 В с глухозаземленной нейтралью и в однофазных сетях с заземленным выводом источника однофазного тока установленное на опоре ВЛ электрооборудование должно быть занулено (смотри пункт 1.7.62 настоящих Правил).

1.7.35. Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Если при этом сопротивление заземляющих устройств или напряжение прикосновения имеет допустимые значения, а также обеспечиваются нормированные значения напряжения на заземляющем устройстве, то искусственные заземлители должны применяться лишь при необходимости снижения плотности токов, протекающих по естественным заземлителям или стекающих с них.

1.7.36. Для заземления электроустановок различных назначений и различных напряжений, территориально приближенных одна к другой, рекомендуется применять одно общее заземляющее устройство.

Для объединения заземляющих устройств различных электроустановок в одно общее заземляющее устройство следует использовать все имеющиеся в наличии естественные, в особенности протяженные, заземляющие проводники.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или различных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок:



защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т. д.

1.7.37. Требуемые настоящей главой сопротивления заземляющих устройств и напряжения прикосновения должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях.

Удельное сопротивление земли следует определять, принимая в качестве расчетного значение, соответствующее тому сезону года, когда сопротивление заземляющего устройства или напряжение прикосновения принимает наибольшие значения.

1.7.38. Электроустановки до 1000 В переменного тока могут быть с глухозаземленной или с изолированной нейтралью, электроустановки постоянного тока — с глухозаземленной или изолированной средней точкой, а электроустановки с однофазными источниками тока — с одним глухозаземленным или с обоими изолированными выводами.

В четырехпроводных сетях трехфазного тока и трехпроводных сетях постоянного тока глухое заземление нейтрали или средней точки источников тока является обязательным (смотри также пункт 1.7.105 настоящих Правил).

1.7.39. В электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление. Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается.

В обоснованных случаях рекомендуется выполнять защитное отключение (для переносного ручного электроинструмента, некоторых жилых и общественных помещений, насыщенных металлическими конструкциями, имеющими связь с землей).

1.7.40. Электроустановки до 1000 В переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также электроустановки постоянного тока с изолированной средней точкой следует применять при повышенных требованиях безопасности (для передвижных установок, торфяных разработок, шахт). Для таких электроустановок в качестве защитной меры должно быть выполнено заземление в сочетании с контролем изоляции сети или защитное отключение.

1.7.41. В электроустановках выше 1000 В с изолированной нейтралью должно быть выполнено заземление.

В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого отыскания замыканий на землю (смотри пункт 1.6.12 настоящих Правил). Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение (по всей электрически связанной сети) в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т. п.).

1.7.42. Защитное отключение рекомендуется применять в качестве основной или дополнительной меры защиты, если безопасность не может быть обеспечена путем устройства заземления или зануления либо если устройство

заземления или зануления вызывает трудности по условиям выполнения или по экономическим соображениям. Защитное отключение должно осуществляться устройствами (аппаратами), удовлетворяющими в отношении надежности действия специальным техническим условиям.

1.7.43. Трехфазная сеть до 1000 В с изолированной нейтралью или однофазная сеть до 1000 В с изолированным выводом, связанная через трансформатор с сетью выше 1000 В, должна быть защищена пробивным предохранителем от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора. Пробивной предохранитель должен быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения каждого трансформатора. При этом должен быть предусмотрен контроль за целостностью пробивного предохранителя.

1.7.44. В электроустановках до 1000 В в местах, где в качестве защитной меры применяются разделительные или понижающие трансформаторы, вторичное напряжение трансформаторов должно быть: для разделительных трансформаторов — не более 380 В, для понижающих трансформаторов — не более 42 В.

При применении этих трансформаторов необходимо руководствоваться следующим:

1) разделительные трансформаторы должны удовлетворять специальным техническим условиям в отношении повышенной надежности конструкции и повышенных испытательных напряжений;

2) от разделительного трансформатора разрешается питание только одного электроприемника с номинальным током плавкой вставки или расцепителя автоматического выключателя на первичной стороне не более 15 А;

3) заземление вторичной обмотки разделительного трансформатора не допускается. Корпус трансформатора в зависимости от режима нейтрали сети, питающей первичную обмотку, должен быть заземлен или занулен. Заземление корпуса электроприемника, присоединенного к такому трансформатору, не требуется;

4) понижающие трансформаторы со вторичным напряжением 42 В и ниже могут быть использованы в качестве разделительных, если они удовлетворяют требованиям, приведенным в подпунктах 1 и 2 настоящего пункта Правил. Если понижающие трансформаторы не являются разделительными, то в зависимости от режима нейтрали сети, питающей первичную обмотку, следует заземлять или занулять корпус трансформатора, а также один из выводов (одну из фаз) или нейтраль (среднюю точку) вторичной обмотки.

1.7.45. При невозможности выполнения заземления, зануления и защитного отключения, удовлетворяющих требованиям настоящей главы, или если это представляет значительные трудности по технологическим причинам, допускается обслуживание электрооборудования с изолирующих площадок.

Изолирующие площадки должны быть выполнены так, чтобы прикосновение к представляющим опасность незаземленным (зануленным) частям могло быть только с площадок. При этом должна быть исключена возмож-

ность одновременного прикосновения к электрооборудованию, и частям другого оборудования, и частям здания.

### **Части, подлежащие занулению или заземлению**

1.7.46. К частям, подлежащим занулению или заземлению согласно пункта 1.7.33 настоящих Правил, относятся:

1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п. (смотри также пункт 1.7.44 настоящих Правил);

2) приводы электрических аппаратов;

3) вторичные обмотки измерительных трансформаторов (смотри также пункты 3.4.23 и 3.4.24 главы 4 раздела 3 ПУЭ);

4) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемные или открывающиеся части, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного тока или более 110 В постоянного тока;

5) металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические кабельные соединительные муфты, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводки, кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, коробка, струны, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

6) металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока, проложенных на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п. Вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению или занулению;

7) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

8) электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

1.7.47. С целью уравнивания потенциалов в тех помещениях и наружных установках, в которых применяются заземление или зануление, строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования, подкрановые и железнодорожные рельсовые пути и т. п. должны быть присоединены к сети заземления или зануления. При этом естественные контакты в сочленениях являются достаточными.

1.7.48. Не требуется преднамеренно заземлять или занулять:

1) корпуса электрооборудования, аппаратов и электромонтажных конструкций, установленных на заземленных (зануленных) металлических конструкциях, распределительных устройствах, на щитах, шкафах, щитках, станинах станков, машин и механизмов, при условии обеспечения надежного электрического контакта с заземленными или зануленными основаниями (исключение — смотри главу 7.3 раздела 7 ПУЭ);

2) конструкции, перечисленные в подпункте 5 пункта 1.7.46 настоящих Правил, при условии надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленным на них заземленным или зануленным электрооборудованием. При этом указанные конструкции не могут быть использованы для заземления или зануления установленного на них другого электрооборудования;

3) арматуру изоляторов всех типов, оттяжек, кронштейнов и осветительной арматуры при установке их на деревянных опорах ВЛ или на деревянных конструкциях открытых подстанций, если это не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений.

При прокладке кабеля с металлической заземленной оболочкой или неизолированного заземляющего проводника на деревянной опоре перечисленные части, расположенные на этой опоре, должны быть заземлены или занулены;

4) съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер распределительных устройств, шкафов, ограждений и т. п., если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование или если напряжение установленного электрооборудования не превышает 42 В переменного тока или 110 В постоянного тока (исключение — смотри главу 7.3 раздела 7 ПУЭ);

5) корпуса электроприемников с двойной изоляцией;

6) металлические скобы, крепежи, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали, в том числе протяжные и ответвительные коробки размером до 100 см<sup>2</sup>, электропроводок, выполняемых кабелями или изолированными проводами, прокладываемыми по стенам, перекрытиям и другим элементам строений.

### **Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью**

1.7.49. Заземляющие устройства электроустановок выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению (смотри пункт 1.7.51 настоящих Правил), либо к напряжению прикосновения (смотри пункт 1.7.52 настоящих Правил), а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению (смотри пункты 1.7.53 и 1.7.54 настоящих Правил) и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве (смотри пункт 1.7.50 настоящих Правил). Требования пунктов 1.7.49—1.7.54 настоящих Правил не распространяются на заземляющие устройства опор ВЛ.

1.7.50. Напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановки. При напряжениях на заземляющем устройстве более 5 кВ и до 10 кВ должны быть предусмотрены меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки.

1.7.51. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей.

В целях выравнивания электрического потенциала и обеспечения присоединения электрооборудования к заземлителю на территории, занятой оборудованием, следует прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители и соединять их между собой в заземляющую сетку.

Продольные заземлители должны быть проложены вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5—0,7 м от поверхности земли и на расстоянии 0,8—1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены одна к другой, а расстояние между фундаментами или основаниями двух рядов не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители следует прокладывать в удобных местах между оборудованием на глубине 0,5—0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними рекомендуется принимать увеличивающимся от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5; 9,0; 11,0; 13,5; 16,0 и 20,0 м. Размеры ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать  $6 \times 6 \text{ м}^2$ .

Горизонтальные заземлители следует прокладывать по краю территории, занимаемой заземляющим устройством, так, чтобы они в совокупности образовывали замкнутый контур.

Если контур заземляющего устройства располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей у внешнего горизонтального заземлителя напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной 3—5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

1.7.52. Заземляющее устройство, которое выполняется с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения, должно обеспечивать в любое время года при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжений прикосновения, не превышающих нормированных. Сопротивление заземляющего устройства при этом определяется по допустимому напряжению на заземляющем устройстве и току замыкания на землю.

При определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия следует принимать сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При этом определения допустимых значений напряжений прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть КЗ на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу, следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории — основной защиты.

Размещение продольных и поперечных горизонтальных заземлителей должно определяться требованиями ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобством присоединения заземляемого оборудования. Расстояние между продольными и поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30 м, а глубина их заложения в грунт должна быть не менее 0,3 м. У рабочих мест допускается прокладка заземлителей на меньшей глубине, если необходимость этого подтверждается расчетом, а само выполнение не снижает удобства обслуживания электроустановки и срока службы заземлителей. Для снижения напряжения прикосновения у рабочих мест в обоснованных случаях может быть выполнена подсыпка щебня слоем толщиной 0,1—0,2 м.

1.7.53. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований, предъявляемых к его сопротивлению или к напряжению прикосновения, дополнительно к требованиям пунктов 1.7.51 и 1.7.52 настоящих Правил следует:

заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле прокладывать на глубине не менее 0,3 м;

вблизи мест расположения заземляемых нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей прокладывать продольные и поперечные горизонтальные заземлители (в четырех направлениях).

При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами.

1.7.54. Внешнюю ограду электроустановок не рекомендуется присоединять к заземляющему устройству. Если от электроустановки отходят ВЛ 110 кВ и выше, то ограду следует заземлить с помощью вертикальных заземлителей длиной 2—3 м, установленных у стоек ограды по всему ее периметру через 20—50 м. Установка таких заземлителей не требуется для ограды с металлическими стойками и с теми стойками из железобетона, арматура которых электрически соединена с металлическими звеньями ограды.

Для исключения электрической связи внешней ограды с заземляющим устройством расстояние от ограды до элементов заземляющего устройства, расположенных вдоль нее с внутренней, с внешней или с обеих сторон, должно быть не менее 2 м. Выходящие за пределы ограды горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической оболочкой и другие металлические коммуникации

должны быть проложены посередине между стойками ограды на глубине не менее 0,5 м. В местах примыкания внешней ограды к зданиям и сооружениям, а также в местах примыкания к внешней ограде внутренних металлических ограждений должны быть выполнены кирпичные или деревянные вставки длиной не менее 1 м.

Не следует устанавливать на внешней ограде электроприемники до 1000 В, которые питаются непосредственно от понизительных трансформаторов, расположенных на территории электроустановки. При размещении электроприемников на внешней ограде их питание следует осуществлять через разделительные трансформаторы. Эти трансформаторы не допускается устанавливать на ограде. Линия, соединяющая вторичную обмотку разделительного трансформатора с электроприемником, расположенным на ограде, должна быть изолирована от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве.

Если выполнение хотя бы одного из указанных мероприятий невозможно, то металлические части ограды следует присоединить к заземляющему устройству и выполнить выравнивание потенциалов так, чтобы напряжение прикосновения с внешней и внутренней сторон ограды не превышало допустимых значений. При выполнении заземляющего устройства по допустимому сопротивлению с этой целью должен быть проложен с внешней стороны ограды на расстоянии 1 м от нее и на глубине 1 м горизонтальный заземлитель. Этот заземлитель следует присоединять к заземляющему устройству не менее чем в четырех точках.

1.7.55. Если заземляющее устройство промышленной или другой электроустановки соединено с заземлителем электроустановки выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью кабелем с металлической оболочкой или броней или посредством других металлических связей, то для выравнивания потенциалов вокруг такой электроустановки или вокруг здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

1) укладка в землю на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с металлическими конструкциями строительного и производственного назначения и сетью заземления (зануления), а у входов и у въездов в здание — укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

2) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей в соответствии с пунктами 1.7.35 и 1.7.70 настоящих Правил, если при этом обеспечивается допустимый уровень выравнивания потенциалов. Обеспечение условий выравнивания потенциалов с помощью железобетонных фундаментов, используемых в качестве заземлителей, определяется на основе требований специальных директивных документов.

Не требуется выполнение условий, указанных в подпунктах 1 и 2 данного пункта Правил, если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и въездов. Если у какого-либо входа (въезда) отмостка отсут-

стует, у этого входа (въезда) должно быть выполнено выравнивание потенциалов путем укладки двух проводников, как указано в подпункте 1, или соблюдено условие по подпункту 2 данного пункта Правил. При этом во всех случаях должны выполняться требования пункта 1.7.56 настоящих Правил.

1.7.56. Во избежание выноса потенциала не допускается питание электроприемников, находящихся за пределами заземляющих устройств электроустановок выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью, от обмоток до 1000 В с заземленной нейтралью трансформаторов, находящихся в пределах контура заземляющего устройства. При необходимости питание таких электроприемников может осуществляться от трансформатора с изолированной нейтралью на стороне до 1000 В по кабельной линии, выполненной кабелем без металлической оболочки и без брони, или по ВЛ. Питание таких электроприемников может осуществляться также через разделительный трансформатор. Разделительный трансформатор и линия от его вторичной обмотки к электроприемнику, если она проходит по территории, занимаемой заземляющим устройством электроустановки, должны иметь изоляцию от земли на расчетное значение напряжения на заземляющем устройстве. При невозможности выполнения указанных условий на территории, занимаемой такими электроприемниками, должно быть выполнено выравнивание потенциалов.

### Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью

1.7.57. В электроустановках выше 1000 В сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства  $R$ , Ом, при прохождении расчетного тока замыкания на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть не более:

при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В

$$R = 125 / I,$$

где  $I$  — расчетный ток замыкания на землю, А.

При этом должны также выполняться требования, предъявляемые к заземлению (занулению) электроустановок до 1000 В;

при использовании заземляющего устройства только для электроустановок выше 1000 В

$$R = 250 / I.$$

1.7.58. В качестве расчетного тока принимается:

1) в сетях без компенсации емкостных токов — полный ток замыкания на землю;

2) в сетях с компенсацией емкостных токов:

для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты, — ток, равный 125% номинального тока этих аппаратов;

для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, — остаточный ток замыкания на землю, проходящий в данной сети



при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов или наиболее разветвленного участка сети.

В качестве расчетного тока может быть принят ток плавления предохранителей или ток срабатывания релейной защиты от однофазных замыканий на землю или междуфазных замыканий, если в последнем случае защита обеспечивает отключение замыканий на землю. При этом ток замыкания на землю должен быть не менее полуторакратного тока срабатывания релейной защиты или трехкратного номинального тока предохранителей.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой этот ток имеет наибольшее значение.

1.7.59. В открытых электроустановках выше 1000 В сетей с изолированной нейтралью вокруг площади, занимаемой оборудованием, на глубине не менее 0,5 м должен быть проложен замкнутый горизонтальный заземлитель (контур), к которому подсоединяется заземляемое оборудование. Если сопротивление заземляющего устройства выше 10 Ом (в соответствии с пунктом 1.7.69 настоящих Правил для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом м), то следует дополнительно проложить горизонтальные заземлители вдоль рядов оборудования со стороны обслуживания на глубине 0,5 м и на расстоянии 0,8—1,0 м от фундаментов или оснований оборудования.

### **Электроустановки напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью**

1.7.60. Нейтраль генератора, трансформатора на стороне до 1000 В должна быть присоединена к заземлителю при помощи заземляющего проводника. Сечение заземляющего проводника должно быть не менее указанного в таблице 1.7.1 (приложение №3 к настоящим Правилам).

Использование нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства, в качестве заземляющего проводника не допускается.

Указанный заземлитель должен быть расположен в непосредственной близости от генератора или трансформатора. В отдельных случаях, например, во внутрицеховых подстанциях заземлитель допускается сооружать непосредственно около стены здания.

1.7.61. Вывод нулевого рабочего проводника от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства должен быть выполнен: при выводе фаз шинами — шиной на изоляторах, при выводе фаз кабелем (проводом) — жилой кабеля (провода). В кабелях с алюминиевой оболочкой допускается использовать оболочку в качестве нулевого рабочего проводника вместо четвертой жилы.

Проводимость нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора, должна быть не менее 50% проводимости вывода фаз.

1.7.62. Сопротивление заземляющего устройства, которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного

тока, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660 В, 380 В и 220 В источника трехфазного тока или 380 В, 220 В и 127 В источника однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ до 1000 В при количестве отходящих линий не менее двух. При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660 В, 380 В и 220 В источника трехфазного тока или 380 В, 220 В и 127 В источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении  $\rho$  земли более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные выше нормы в 0,01 раз, но не более десятикратного.

1.7.63. На ВЛ зануление должно быть осуществлено нулевым рабочим проводом, проложенным на тех же опорах, что и фазные провода.

На концах ВЛ (или ответвлений от них) длиной более 200 м, а также на вводах от ВЛ к электроустановкам, которые подлежат занулению, должны быть выполнены повторные заземления нулевого рабочего провода. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор (смотри пункт 1.7.70 настоящих Правил), а также заземляющие устройства, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений (смотри пункт 2.4.26).

Указанные повторные заземления выполняются, если более частые заземления не требуются по условиям защиты от грозовых перенапряжений.

Повторные заземления нулевого провода в сетях постоянного тока должны быть осуществлены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами. Заземляющие устройства на ВЛ постоянного тока, выполненные для защиты от грозовых перенапряжений (смотри пункт 2.4.26), рекомендуется использовать для повторного заземления нулевого рабочего провода.

Заземляющие проводники для повторных заземлений нулевого провода должны быть выбраны из условия длительного прохождения тока не менее 25 А. По механической прочности эти проводники должны иметь размеры не менее приведенных в таблице 1.7.1.

1.7.64. (Иснее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе естественных) сетей повторных заземлений нулевого рабочего провода каждой ВЛ в любое время года должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660 В, 380 В и 220 В источника трехфазного тока или 380 В, 220 В и 127 В источника однофазного тока. При этом сопротивление растеканию заземлителя каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

При удельном сопротивлении земли  $\rho$  более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в 0,01 раз, но не более десятикратного.

## **Электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью**

1.7.65. Сопротивление заземляющего устройства, используемого для заземления электрооборудования, должно быть не более 4 Ом.

При мощности генераторов и трансформаторов 100 кВ А и менее заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом. Если генераторы или трансформаторы работают параллельно, то сопротивление 10 Ом допускается при суммарной их мощности не более 100 кВ А.

### **Электроустановки в районах с большим удельным сопротивлением земли**

1.7.66. Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью в районах с большим удельным сопротивлением земли, рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения (смотри пункт 1.7.52 настоящих Правил).

В скальных структурах допускается прокладывать горизонтальные заземлители на меньшей глубине, чем этого требуют пункты 1.7.52—1.7.54 настоящих Правил, но не менее чем 0,15 м. Кроме того, допускается не выполнять требуемых пунктом 1.7.51 настоящих Правил вертикальных заземлителей у входов и въездов.

1.7.67. При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли рекомендуются следующие мероприятия:

1) устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается, а естественные углубленные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;

2) устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением земли;

3) укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи;

4) применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта.

1.7.68. В электроустановках выше 1000 В, а также в электроустановках до 1000 В с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м, если мероприятия, предусмотренные пунктами 1.7.66, 1.7.67 настоящих Правил, не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повысить требуемые настоящей главой значения сопротивлений заземляющих устройств в 0,002 раз, где  $\rho$  — эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м. При этом увеличение требуе-

мых настоящей главой сопротивлений заземляющих устройств должно быть не более десятикратного.

## Заземлители

1.7.69. В качестве естественных заземлителей рекомендуется использовать:

1) проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов и смесей, при этом необходимо согласие предприятия, на территории которого проложены трубопроводы;

2) обсадные трубы скважин;

3) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей;

4) металлические шунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т. п.;

5) свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Алюминиевые оболочки кабелей не допускается использовать в качестве естественных заземлителей.

Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, то в расчете заземляющих устройств они должны учитываться при количестве кабелей не менее двух;

6) заземлители опор ВЛ, соединенные с заземляющим устройством электроустановки при помощи грозозащитного троса ВЛ, если трос не изолирован от опор ВЛ;

7) нулевые провода ВЛ до 1000 В с повторными заземлителями при количестве ВЛ не менее двух;

8) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами.

1.7.70. Заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах. Это требование не распространяется на опоры ВЛ, повторное заземление нулевого провода и металлические оболочки кабелей.

1.7.71. Для искусственных заземлителей следует применять сталь.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

Наименьшие размеры стальных искусственных заземлителей приведены ниже:

Диаметр круглых (прутковых) заземлителей, мм:

нестроганных ..... 10

строганных ..... 6

Сечение прямоугольных заземлителей, мм<sup>2</sup> ..... 48

Толщина прямоугольных заземлителей, мм ..... 4

Толщина полок угловой стали, мм ..... 4

Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1000 В выбирается по термической стойкости (исходя из допустимой температуры нагрева 400 °С).

Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т. п.

Траншеи для горизонтальных заземлителей должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

В случае опасности коррозии заземлителей должно выполняться одно из следующих мероприятий:

- увеличение сечения заземлителей с учетом расчетного срока их службы;
- применение оцинкованных заземлителей;
- применение электрической защиты.

В качестве искусственных заземлителей допускается применение заземлителей из электропроводящего бетона.

### **Заземляющие и нулевые защитные проводники**

1.7.72. В качестве нулевых защитных проводников должны быть в первую очередь использованы нулевые рабочие проводники (смотри также пункт 1.7.81 настоящих Правил).

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников могут быть использованы (исключения смотри в главе 7.3):

- 1) специально предусмотренные для этой цели проводники;
- 2) металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т.п.);
- 3) арматура железобетонных строительных конструкций и фундаментов;
- 4) металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т. п.);
- 5) стальные трубы электропроводок;
- 6) алюминиевые оболочки кабелей;
- 7) металлические кожухи и опорные конструкции шинопроводов, металлические короба и лотки электроустановок;
- 8) металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, канализации и центрального отопления. При этом необходимо согласие предприятия, на территории которого проложены трубопроводы.

Приведенные в подпунктах 2—8 данного пункта Правил проводники, конструкции и другие элементы могут служить единственными заземляющими или нулевыми защитными проводниками, если они по проводимости удовлетворяют требованиям настоящей главы и если обеспечена непрерывность электрической цепи на всем протяжении использования.

Заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть защищены от коррозии.

1.7.73. Использование металлических оболочек трубчатых проводов, несущих тросов при тросовой электропроводке, металлических оболочек изоля-

ционных трубок, металлорукавов, а также брони и свинцовых оболочек проводов и кабелей в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников запрещается. Использование для указанных целей свинцовых оболочек кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

В помещениях и в наружных установках, в которых требуется применение заземления или зануления, эти элементы должны быть заземлены или занулены и иметь надежные соединения на всем протяжении. Металлические соединительные муфты и коробки должны быть присоединены к броне и к металлическим оболочкам пайкой или болтовыми соединениями.

1.7.74. Магистралы заземления или зануления и ответвления от них в закрытых помещениях и в наружных установках должны быть доступны для осмотра и иметь сечения не менее приведенных в пунктах 1.7.75 – 1.7.78 настоящих Правил.

Требование о доступности для осмотра не распространяется на нулевые жилы и оболочки кабелей, на арматуру железобетонных конструкций, а также на заземляющие и нулевые защитные проводники, проложенные в трубах и в коробах, а также непосредственно в теле строительных конструкций (замоноличенные).

Ответвления от магистралей к электроприемникам до 1000 В допускается прокладывать скрыто непосредственно в стене, под чистым полом и т. п. с защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь соединений.

В наружных установках заземляющие и нулевые защитные проводники допускается прокладывать в земле, в полу или по краю площадок, фундаментов технологических установок и т. п.

Использование неизолированных алюминиевых проводников для прокладки в земле в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников не допускается.

1.7.75. Заземляющие и нулевые защитные проводники в электроустановках до 1000 В должны иметь размеры не менее приведенных в таблице 1.7.1 (смотри также пункты 1.7.95 и 1.7.103 настоящих Правил).

Сечения (диаметры) нулевых защитных и нулевых рабочих проводников ВЛ должны выбираться в соответствии с требованиями главы 2.4.

1.7.76. В электроустановках выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ температура заземляющих проводников не превысила 400°C (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия основной защиты и полного времени отключения выключателя).

1.7.77. В электроустановках до 1000 В и выше с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников, а сечение — не менее приведенных в таблице 1.7.1 (смотри также пункты 1.7.95 и 1.7.103 настоящих Правил). Не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм<sup>2</sup>, алю-

миниевых — 35 мм<sup>2</sup>, стальных — 120 мм<sup>2</sup>. В производственных помещениях с такими электрическими магистралями заземления из стальной полосы должны иметь сечение не менее 100 мм<sup>2</sup>. Допускается применение круглой стали того же сечения.

1.7.78. В электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью с целью обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем:

- в 3 раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя;
- в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя или уставку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратную зависимость от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсекку), проводимость указанных проводников должна обеспечивать ток не ниже уставки тока мгновенного срабатывания, умноженной на коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным), и на коэффициент запаса 1.1. При отсутствии заводских данных для автоматических выключателей с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки следует принимать не менее 1,4, а для автоматических выключателей с номинальным током более 100 А — не менее 1,25.

Полная проводимость нулевого защитного проводника во всех случаях должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

Если требования настоящего пункта не удовлетворяются в отношении значения тока замыкания на корпус или на нулевой защитный проводник, то отключение при этих замыканиях должно обеспечиваться при помощи специальных защит.

1.7.79. В электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью в целях удовлетворения требований, приведенных в пункте 1.7.78 настоящих Правил, нулевые защитные проводники рекомендуется прокладывать совместно или в непосредственной близости с фазными.

1.7.80. Нулевые рабочие проводники должны быть рассчитаны на длительное протекание рабочего тока.

Рекомендуется в качестве нулевых рабочих проводников применять проводники с изоляцией, равноценной изоляции фазных проводников. Такая изоляция обязательна как для нулевых рабочих, так и для нулевых защитных проводников в тех местах, где применение неизолированных проводников может привести к образованию электрических пар или к повреждению изоляции фазных проводников в результате искрения между неизолированным нулевым проводником и оболочкой или конструкцией (например, при прокладке проводов в трубах, коробах, лотках). Такая изоляция не требуется, если в качестве нулевых рабочих и нулевых защитных проводников применяются кожухи и опорные конструкции комплектных шинопроводов и шины комплектных распределительных устройств (щитов, распределительных пунктов, сбо-

рок и т. п.), а также алюминиевые или свинцовые оболочки кабелей (смотри пункт 1.7.73 настоящих Правил).

В производственных помещениях с нормальной средой допускается использовать в качестве нулевых рабочих проводников указанные в пункте 1.7.72 настоящих Правил металлические конструкции, трубы, кожухи и опорные конструкции шинопроводов для питания одиночных однофазных электроприемников малой мощности, например: в сетях до 42 В; при включении на фазное напряжение одиночных катушек магнитных пускателей или контакторов; при включении на фазное напряжение электрического освещения и цепей управления и сигнализации на кранах.

1.7.81. Не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников нулевые рабочие проводники, идущие к переносным электроприемникам однофазного и постоянного тока. Для зануления таких электроприемников должен быть применен отдельный третий проводник, присоединяемый во втычном соединителе ответвительной коробки, в щите, щитке, сборке и т. п. к нулевому рабочему или нулевому защитному проводнику (смотри также пункт 6.1.20).

1.7.82. В цепи заземляющих и нулевых защитных проводников не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей.

В цепи нулевых рабочих проводников, если они одновременно служат для целей зануления, допускается применение выключателей, которые одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают все провода, находящиеся под напряжением (смотри также пункт 1.7.83 настоящих Правил).

Однополюсные выключатели следует устанавливать в фазных проводниках, а не в нулевом рабочем проводнике.

1.7.83. Нулевые защитные проводники линий не допускается использовать для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям.

Допускается использовать нулевые рабочие проводники осветительных линий для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям, если все указанные линии питаются от одного трансформатора, проводимость их удовлетворяет требованиям настоящей главы и исключена возможность отсоединения нулевых рабочих проводников во время работы других линий. В таких случаях не должны применяться выключатели, отключающие нулевые рабочие проводники вместе с фазными.

1.7.84. В помещениях сухих, без агрессивной среды, заземляющие и нулевые защитные проводники допускается прокладывать непосредственно по стенам.

Во влажных, сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с агрессивной средой заземляющие и нулевые защитные проводники следует прокладывать на расстоянии от стен не менее чем 10 мм.

1.7.85. Заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть защищены от химических воздействий. В местах перекрещивания этих проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями, в мес-



гах их ввода в здания и в других местах, где возможны механические повреждения заземляющих и нулевых защитных проводников, эти проводники должны быть защищены.

1.7.86. Прокладка заземляющих и нулевых защитных проводников в местах прохода через стены и перекрытия должна выполняться, как правило, с их непосредственной заделкой. В этих местах проводники не должны иметь соединений и ответвлений.

1.7.87. У мест ввода заземляющих проводников в здания должны быть предусмотрены опознавательные знаки.

1.7.88. Использование специально проложенных заземляющих или нулевых защитных проводников для иных целей не допускается.

### **Соединения и присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников**

1.7.89. Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников между собой должны обеспечивать надежный контакт и выполняться посредством сварки.

Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред выполнять соединения заземляющих и нулевых защитных проводников другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434—82 «Соединения контактные электрические. Общие технические требования» ко 2-му классу соединений. При этом должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии контактных соединений. Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников электропроводок и ВЛ допускается выполнять теми же методами, что и фазных проводников.

Соединения заземляющих и нулевых защитных проводников должны быть доступны для осмотра.

1.7.90. Стальные трубы электропроводок, короба, лотки и другие конструкции, используемые в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников, должны иметь соединения, соответствующие требованиям ГОСТ 10434—82, предъявляемым ко 2-му классу соединений. Должен быть также обеспечен надежный контакт стальных труб с корпусами электрооборудования, в которые вводятся трубы, и с соединительными (ответвительными) металлическими коробками.

1.7.91. Места и способы соединения заземляющих проводников с протяженными естественными заземлителями (например, с трубопроводами) должны быть выбраны такими, чтобы при разъединении заземлителей для ремонтных работ, было обеспечено расчетное значение сопротивления заземляющего устройства. Водомеры, задвижки и т. п. должны иметь обходные проводники, обеспечивающие непрерывность цепи заземления.

1.7.92. Присоединение заземляющих и нулевых защитных проводников к частям оборудования, подлежащим заземлению или занулению, должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением. Присоединение должно быть

доступно для осмотра. Для болтового присоединения должны быть предусмотрены меры против ослабления и коррозии контактного соединения.

Заземление или зануление оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях или частях, подверженных сотрясениям или вибрации, должно выполняться гибкими заземляющими или нулевыми защитными проводниками.

1.7.93. Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению или занулению, должна быть присоединена к сети заземления или зануления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий или нулевой защитный проводник заземляемых или зануляемых частей электроустановки не допускается.

### **Переносные электроприемники**

1.7.94. Питание переносных электроприемников следует выполнять от сети напряжением не выше 380/220 В.

Переносные электроприемники должны быть обязательно заземлены, если это предусмотрено паспортом по эксплуатации.

В зависимости от категории помещения по уровню опасности поражения людей электрическим током (смотри главу 1.1 настоящих Правил) переносные электроприемники могут питаться либо непосредственно от сети, либо через разделительные или понижающие трансформаторы (смотри пункт 1.7.44 настоящих Правил).

Металлические корпуса переносных электроприемников выше 42 В переменного тока и выше 110 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках должны быть заземлены или занулены, за исключением электроприемников с двойной изоляцией или питающихся от разделительных трансформаторов.

1.7.95. Заземление или зануление переносных электроприемников должно осуществляться специальной жилой (третья — для электроприемников однофазного и постоянного тока, четвертая — для электроприемников трехфазного тока), расположенной в одной оболочке с фазными жилами переносного провода и присоединяемой к корпусу электроприемника и к специальному контакту вилки втычного соединителя (смотри пункт 1.7.96 настоящих Правил). Сечение этой жилы должно быть равным сечению фазных проводников. Использование для этой цели нулевого рабочего проводника, в том числе расположенного в общей оболочке, не допускается.

В связи с тем, что ГОСТ на некоторые марки кабелей предусматривает уменьшенное сечение четвертой жилы, разрешается для трехфазных переносных электроприемников применение таких кабелей впредь до соответствующего изменения ГОСТ.

Жилы проводов и кабелей, используемые для заземления или зануления переносных электроприемников, должны быть медными, гибкими, сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  для переносных электроприемников в промышленных установках и не менее  $0,75 \text{ мм}^2$  для бытовых переносных электроприемников.

1.7.96. Переносные электроприемники испытательных и экспериментальных установок, перемещение которых в период их работы не предусматривается, допускается заземлять с использованием стационарных или отдельных переносных заземляющих проводников. При этом стационарные заземляющие проводники должны удовлетворять требованиям пунктов 1.7.72—1.7.88 настоящих Правил, а переносные заземляющие проводники должны быть гибкими, медными, сечением не менее сечения фазных проводников, но не менее указанного в пункте 1.7.95 настоящих Правил.

Во втычных соединителях переносных электроприемников, удлинительных проводов и кабелей к розетке должны быть подведены проводники со стороны источника питания, а к вилке — со стороны электроприемников.

Втычные соединители должны иметь специальные контакты, к которым присоединяются заземляющие и нулевые защитные проводники.

Соединение между этими контактами при включении должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение контакты фазных проводников. Порядок разъединения контактов при отключении должен быть обратным.

Конструкция втычных соединителей должна быть такой, чтобы была исключена возможность соединения контактов фазных проводников с контактами заземления (зануления).

Если корпус втычного соединителя выполнен из металла, он должен быть электрически соединен с контактом заземления (зануления).

1.7.97. Заземляющие и нулевые защитные проводники переносных проводов и кабелей должны иметь отличительный признак.

### **Передвижные электроустановки**

1.7.98. Автономным передвижным источником питания электроэнергией называется такой источник, который позволяет осуществлять питание потребителей электроэнергией независимо от стационарных источников электроэнергии (энергосистемы).

1.7.99. Электроприемники передвижных установок могут получать питание от стационарных или передвижных источников питания электроэнергией с глухозаземленной или изолированной нейтралью.

1.7.100. Передвижные источники могут использоваться для питания электроприемников стационарных или передвижных установок.

1.7.101. При питании стационарных электроприемников от автономных передвижных источников режим нейтрали источника питания и защитные меры должны соответствовать режиму нейтрали и защитным мерам, принятым в сетях стационарных электроприемников.

1.7.102. При питании электроприемников передвижных установок от стационарных или передвижных источников с глухозаземленной нейтралью должны выполняться следующие защитные меры: зануление, зануление в сочетании с повторным заземлением, защитное отключение или зануление в сочетании с защитным отключением.

При выполнении зануления передвижных электроустановок проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна соответствовать требованиям пункта 1.7.78 настоящих Правил.

1.7.103. При питании электроприемников передвижных установок от стационарных и передвижных источников питания электроэнергией с изолированной нейтралью в качестве защитной меры должно выполняться защитное заземление в сочетании с металлической связью корпусов установки и источника электроэнергии или с защитным отключением (исключения — смотри пункт 1.7.106 настоящих Правил).

Сопротивление заземляющего устройства передвижных установок в этом случае должно соответствовать пунктам 1.7.57 и 1.7.65 (смотри также пункт 1.7.105) настоящих Правил.

Проводимость фазных проводников и проводников металлической связи должна соответствовать пункту 1.7.78 настоящих Правил при двухфазном замыкании на разные корпуса электрооборудования.

Допускается также не выполнять металлическую связь корпусов источника электроэнергии и установки, если как источник питания электроэнергией, так и передвижная установка имеют собственные контуры защитного заземления, обеспечивающие допустимый уровень напряжения прикосновения при двойном замыкании на разные корпуса электрооборудования.

1.7.104. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников питания нейтраль трехпроводных и четырехпроводных сетей трехфазного тока и выводы двухпроводных сетей однофазного тока, как правило, должны быть изолированы. В этом случае допускается выполнять защитное заземление только источника питания, а в качестве заземляющих проводников для заземления электроприемников использовать проводники металлической связи корпусов электрооборудования.

1.7.105. При питании электроприемников передвижных установок от передвижных автономных источников с изолированной нейтралью заземляющее устройство должно выполняться с соблюдением требований либо к его сопротивлению, либо к напряжению прикосновения при однополюсном замыкании на корпус. При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к сопротивлению значение его сопротивления не должно превышать 25 Ом.

Допускается повышение указанного значения сопротивления заземляющего устройства в соответствии с пунктом 1.7.68 настоящих Правил.

При выполнении заземляющего устройства с соблюдением требований к напряжению прикосновения сопротивление не нормируется.

1.7.106. Допускается не выполнять защитное заземление электроприемников передвижных электроустановок, питающихся от автономных передвижных источников питания с изолированной нейтралью, в следующих случаях:

1) если источник питания электроэнергией и электроприемники расположены непосредственно на передвижной установке, их корпуса соединены металлической связью, а от источника не питаются другие электроустановки;

2) если установки (не более двух) питаются от специально предназначенного для них источника электроэнергии, не питающего другие электроустановки, и

1.8.6. Испытание повышенным напряжением обязательно для всего электрооборудования 35 кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств — и для электрооборудования напряжением выше 35 кВ, за исключением случаев, оговоренных в настоящей главе.

1.8.7. Изоляторы и оборудование с номинальным напряжением, превышающим номинальное напряжение установки, в которой они применены, могут испытываться повышенным напряжением по нормам для соответствующего класса изоляции электроустановки.

1.8.8. Изоляция электрооборудования фирм (кроме вращающихся машин), имеющая электрическую прочность ниже предусмотренной нормами настоящей главы, должна испытываться напряжением, составляющим 90% заводского испытательного напряжения, если нет других указаний поставщика.

1.8.9. Испытание изоляции аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты должно производиться, как правило, совместно с испытанием изоляции шин распределительного устройства (без расшиновки). При этом испытательное напряжение допускается принимать по нормам для оборудования, имеющего наименьшее испытательное напряжение.

1.8.10. При проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования, испытанию повышенным напряжением должны предшествовать другие виды ее испытаний.

1.8.11. Испытание изоляции напряжением промышленной частоты, равным 1000 В, может быть заменено измерением одноминутного значения сопротивления изоляции мегаомметром на 2,5 кВ. Если при этом значение сопротивления меньше приведенного в нормах, испытание напряжением 1000 В промышленной частоты является обязательным.

Испытание напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей с рабочим напряжением более 60 В электроустановок энергосистемы является обязательным.

1.8.12. В настоящей главе применяются следующие термины:

1. Испытательное напряжение промышленной частоты — действующее значение напряжения частотой 50 Гц, практически синусоидального, которое должна выдерживать в течение 1 мин (или 5 мин) внутренняя и внешняя изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания.

2. Электрооборудование с нормальной изоляцией — электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, подверженных действию атмосферных перенапряжений при обычных мерах по грозозащите.

3. Электрооборудование с облегченной изоляцией — электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию атмосферных перенапряжений или оборудованных специальными устройствами грозозащиты, ограничивающими амплитудное значение атмосферных перенапряжений до значения, не превышающего амплитудного значения испытательного напряжения промышленной частоты.

4. Аппараты — выключатели всех классов напряжения, разъединители, отделители, короткозамыкатели, предохранители, разрядники, токоограничивающие реакторы, конденсаторы, комплектные экранированные токопроводы.

5. Ненормированная измеряемая величина — величина, абсолютное значение которой не регламентировано нормативными указаниями. Оценка состояния оборудования в этом случае производится путем сопоставления с данными аналогичных измерений на однотипном оборудовании, имеющем заведомо хорошие характеристики, или с результатами остальных испытаний.

6. Класс напряжения электрооборудования — номинальное напряжение электрической системы, для работы в которой предназначено данное электрооборудование.

### **Синхронные генераторы и компенсаторы**

1.8.13. Синхронные генераторы мощностью более 1 МВт напряжением выше 1000 В, а также синхронные компенсаторы должны испытываться в полном объеме настоящего пункта Правил.

Генераторы мощностью до 1 МВт напряжением выше 1000 В должны испытываться по подпунктам 1 — 5 и 7 — 15 настоящего пункта Правил.

Генераторы напряжением до 1000 В независимо от их мощности должны испытываться по подпунктам 2, 4, 5, 8, 10 — 14 настоящего пункта Правил.

1. Определение возможности включения без сушки генераторов выше 1000 В. При решении вопроса о необходимости сушки компаундированной, термоактивной и гильзовой изоляции обмотки статора синхронного генератора или синхронного компенсатора следует руководствоваться указаниями в разделе 3 ПУЭ «Электрические машины», КМК 3.05.06-97 «Электротехнические устройства».

2. Измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в таблице 1.8.1 (приложение №4 к настоящим Правилам).

3. Испытание изоляции обмотки статора повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам. Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

У генераторов с водяным охлаждением статора испытание производится в случае, если возможность этого предусмотрена в конструкции генератора.

Значения испытательного напряжения приведены в таблице 1.8.2 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Испытательное выпрямленное напряжение для генераторов типов ТВ-200 следует принимать в соответствии с инструкцией по эксплуатации этих генераторов.

Измерение токов утечки для построения кривых зависимости их от напряжения производится не менее чем при пяти значениях выпрямленного напряжения — от  $0,2 U_{\max}$  до  $U_{\max}$  равными ступенями. На каждой ступени напряжения вы-

держивается в течение 1 мин. При этом фиксируются токи утечки через 15 и 60 с.

Оценки полученной характеристики производятся в соответствии с требованиями КМК 3.05.06-97 «Электротехнические устройства».

4. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание проводится по нормам, приведенным в таблице 1.8.3 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

При проведении испытаний изоляции повышенным напряжением промышленной частоты следует руководствоваться следующим:

а) испытание изоляции обмоток статора генератора рекомендуется производить до ввода ротора в статор.

Если стыковка и сборка статора гидрогенератора осуществляются на монтажной площадке и впоследствии статор устанавливается в шахту в собранном виде, то изоляция его испытывается дважды: после сборки на монтажной площадке и после установки статора в шахту до ввода ротора в статор.

В процессе испытания осуществляется наблюдение за состоянием лобовых частей машины: у турбогенераторов — при снятых торцовых щитах, у гидрогенераторов — при открытых вентиляционных люках;

б) испытание изоляции обмотки статора для машин с водяным охлаждением следует производить при циркуляции дистиллированной воды в системе охлаждения с удельным сопротивлением не менее 75 кОм/см и номинальном расходе;

в) после испытания обмотки статора повышенным напряжением в течение 1 мин у генераторов 10 кВ и выше испытательное напряжение снизить до номинального напряжения генератора и выдержать в течение 5 мин для наблюдения за коронированием лобовых частей обмоток статора. При этом не должно быть сосредоточенного в отдельных точках свечения желтого или красного цвета, появления дыма, тления бандажей и тому подобных явлений. Голубое и белое свечение допускается;

г) испытание изоляции обмотки ротора турбогенераторов производится при номинальной частоте вращения ротора.

5. Измерение сопротивления постоянному току. Нормы допустимых отклонений сопротивления постоянному току приведены в таблице 1.8.4 (приложение №4 к настоящим Правилам).

6. Измерение сопротивления обмотки ротора переменному току промышленной частоты. Производится для генератора мощностью более 1 МВт. Измерение следует производить при напряжении не более 220 В на трех-четырех ступенях частот вращения, включая номинальную, а также в неподвижном состоянии. Для явнополюсных машин при неизолированных местах соединений в неподвижном состоянии измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно. Отклонения измеренных значений от данных завода-

изготовителя или от среднего сопротивления полюсов должны находиться в пределах точности измерения.

Для возможности сравнения результатов с данными предыдущих измерений, измерения у неявнополюсных роторов должны производиться при аналогичном состоянии генератора (вставленный или вынутый ротор, разомкнутая или замкнутая накоротко обмотка статора) и при одних и тех же значениях напряжения или тока.

При этом измерения должна производиться от разделительного трансформатора.

7. Измерение воздушного зазора между статором и ротором генератора. Если инструкциями на генераторы отдельных типов не предусмотрены более жесткие нормы, то зазоры в диаметрально противоположных точках могут отличаться друг от друга не более чем:

на 5% среднего значения (равного их полусумме) — для турбогенераторов 150 МВт и выше с непосредственным охлаждением проводников;

на 10% — для остальных турбогенераторов;

на 20% — для гидрогенераторов.

Измерение зазора у явнополюсных машин производится под всеми полюсами.

8. Проверка и испытание системы возбуждения. Проверку и испытание электромашинных полупроводниковых высокочастотных и тиристорных возбuditелей следует производить в соответствии с пунктом 1.8.14 настоящих Правил. Проверка и испытание полупроводниковых высокочастотных и тиристорных возбuditелей производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

9. Определение характеристик генератора:

а) трехфазного КЗ. Характеристика снимается при изменении тока до номинального. Отклонения от заводской характеристики должны находиться в пределах точности измерения.

Снижение измеренной характеристики, которое превышает точность измерения, свидетельствует о наличии витковых замыканий в обмотке ротора.

У генераторов, работающих в блоке с трансформатором, снимается характеристика КЗ всего блока (с установкой закоротки за трансформатором). Характеристику собственно генератора, работающего в блоке с трансформатором, допускается не определять, если имеются протоколы соответствующих испытаний на стенде заводов-изготовителей.

У синхронных компенсаторов без разгонного двигателя снятие характеристик трехфазного КЗ производится на выбеге в том случае, если не имеется характеристики, снятой на заводе;

б) холостого хода. Подъем напряжения номинальной частоты на холостом ходу производить до 130% номинального напряжения турбогенераторов и синхронных компенсаторов, до 150% номинального напряжения гидрогенераторов. Допускается снимать характеристику холостого хода турбо- и гидрогенератора до номинального тока возбуждения при пониженной частоте вращения генератора при условии, что напряжение на обмотке статора не будет пре-



восходить 1,3 номинального. У синхронных компенсаторов разрешается снимать характеристику на выбеге. У генераторов, работающих в блоке с трансформаторами, снимается характеристика холостого хода блока; при этом генератор возбуждается до 1,15 номинального напряжения (ограничивается трансформатором). Характеристику холостого хода собственно генератора, отсоединенного от трансформатора блока, допускается не снимать, если имеются протоколы соответствующих испытаний на заводе-изготовителе. Отклонение характеристики холостого хода от заводской не нормируется, но должно быть в пределах точности измерения.

10. Испытание междувитковой изоляции. Испытание следует производить подъемом напряжения номинальной частоты генератора на холостом ходу до значения, соответствующего 150% номинального напряжения статора гидрогенераторов, 130% — турбогенераторов и синхронных компенсаторов. Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором, — смотри указания подпункта 9 настоящего пункта. При этом следует проверить симметрию напряжений по фазам. Продолжительность испытания при наибольшем напряжении — 5 мин. Испытание междувитковой изоляции рекомендуется производить одновременно со снятием характеристики холостого хода.

11. Измерение вибрации. Вибрация (удвоенная амплитуда колебаний) подшипников синхронных генераторов и компенсаторов, измеренная в трех направлениях (у гидрогенераторов вертикального исполнения производится измерение вибрации крестовины со встроенными в нее направляющими подшипниками), и их возбудителей не должна превышать значений, приведенных в таблице 1.8.5 (приложение №4 к настоящим Правилам).

12. Проверка и испытание системы охлаждения. Производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

13. Проверка и испытание системы маслоснабжения. Производятся в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

14. Проверка изоляции подшипника при работе генератора (компенсатора). Производится путем измерения напряжения между концами вала, а также между фундаментальной плитой и корпусом изолированного подшипника. При этом напряжение между фундаментной плитой и подшипником должно быть не более напряжения между концами вала. Различие между напряжениями более чем на 10% указывает на неисправность изоляции.

15. Испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой. Нагрузка определяется практическими возможностями в период приемо-сдаточных испытаний. Нагрев статора при данной нагрузке должен соответствовать паспортным данным.

16. Измерение остаточного напряжения генератора при отключении АПТ в цепи ротора. Значение остаточного напряжения не нормируется.

17. Определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени генератора. Значения индуктивных сопротивлений и постоянных времени не нормируются.

1.8.14. Машины постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В следует испытывать по подпунктам 1, 2, 4в, 8, все остальные — дополнительно по подпунктам 3, 4а, 5 настоящего пункта Правил.

Возбудители синхронных генераторов и компенсаторов следует испытывать по подпунктам 1 — 6, 8 настоящего пункта Правил;

Измерение по подпункту 7 настоящего пункта Правил следует производить для машин, поступивших на место монтажа в разобранном виде.

1. Определение возможности включения без сушки машин постоянного тока. Следует производить в соответствии с указаниями «Электротехнические устройства» КМК 3.05.06—97.

2. Измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и бандажей машины, а также между обмотками производится мегаомметром на напряжение 1000 В.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже:

между обмотками и каждой обмотки относительно корпуса при температуре 10—30°C 0,5 МОм;

бандажей якоря (кроме возбудителей) не нормируется;

бандажей якоря возбудителя 1 МОм.

3. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание производится по нормам, приведенным в таблице 1.8.6 (приложение № 4 к настоящим Правилам). Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

4. Измерение сопротивления постоянному току:

а) обмоток возбуждения. Значение сопротивления должно отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 2%;

б) обмотки якоря по шагу обмотки (петлевой, волновой). Значения сопротивлений должны отличаться одно от другого не более чем на 10%;

в) реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление и проверяется целостность отпаяк. Значения сопротивлений должны отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 10%.

5. Снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции. Подъем напряжения следует производить для генераторов постоянного тока до 130% номинального напряжения; для возбудителей — до наибольшего (потолочного) или установленного заводом-изготовителем напряжения. При испытании витковой изоляции машин с числом полюсов более четырех среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами должно быть не выше 24 В. Продолжительность испытания витковой изоляции — 5 мин.

Отклонение полученных значений характеристики от значений заводской характеристики должно находиться в пределах точности измерения.

6. Снятие нагрузочной характеристики. Следует производить для возбудителей при нагрузке до значения не ниже номинального тока возбуждения генератора. Отклонение от заводской характеристики не нормируется.

7. Измерение воздушных зазоров между полюсами. Размеры зазора в диаметрально противоположных точках должны отличаться один от другого не более чем на 10% среднего размера зазора. Для возбuditелей турбогенераторов 300 МВт и более это отличие не должно превышать 5%.

8. Испытание на холостом ходу и под нагрузкой. Определяется предел регулирования частоты вращения или напряжения, который должен соответствовать заводским и проектным данным.

При работе под нагрузкой проверяется степень искрения, которая оценивается по шкале, приведенной в таблице 1.8.7 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

Если степень искрения специально не оговорена заводом-изготовителем, то при номинальном режиме она должна быть не выше 1,5.

### **Электродвигатели переменного тока**

1.8.15. Электродвигатели переменного тока до 1000 В испытываются по подпунктам 2, 4, 6, 10, 11 настоящего пункта Правил.

Электродвигатели переменного тока выше 1000 В испытываются по подпунктам 1 - 4, 7, 9 - 11 настоящего пункта Правил.

По подпунктам 5, 6, 8 настоящего пункта Правил испытываются электродвигатели, поступающие на монтаж в разобранном виде.

1. Определение возможности включения без сушки электродвигателей напряжением выше 1000 В. Следует производить в соответствии с указаниями «Электротехнические устройства» КМК 3.05.06—97.

2. Измерение сопротивления изоляции. Допустимые значения сопротивления изоляции электродвигателей напряжением выше 1000 В должны соответствовать требованиям инструкции, указанной в подпункте 1 настоящего пункта Правил. В остальных случаях сопротивление изоляции должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 1.8.8 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Производится на полностью собранном электродвигателе.

Испытание обмотки статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание всей обмотки относительно корпуса.

Значения испытательных напряжений приведены в таблице 1.8.9 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

4. Измерение сопротивления постоянному току:

а) обмоток статора и ротора. Производится при мощности электродвигателей 300 кВт и более.

Измеренные сопротивления обмоток различных фаз должны отличаться друг от друга или от заводских данных не более чем на 2%;

б) реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление и проверяется целостность отпаек. Значение сопротивления должно отличаться от паспортных данных не более чем на 10%.

5. Измерение зазоров между стальной ротора и статора. Размеры воздушных зазоров в диаметрально противоположных точках или точках, сдвинутых относительно оси ротора на  $90^\circ$ , должны отличаться не более чем на 10% среднего размера.

6. Измерение зазоров в подшипниках скольжения. Размеры зазоров приведены в таблице 1.8.10 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

7. Измерение вибрации подшипников электродвигателя. Значения вибрации, измеренной на каждом подшипнике, должны быть не более значений, приведенных ниже:

Синхронная частота вращения

электродвигателя, Гц ..... 50 25 16,7 12,5 и ниже

Допустимая вибрация, мкм ..... 50 100 130 160

8. Измерение разбега ротора в осевом направлении. Производится для электродвигателей, имеющих подшипники скольжения. Осевой разбег не должен превышать 2—4 мм.

9. Испытание воздухоохладителя гидравлическим давлением. Производится избыточным гидравлическим давлением 0,2—0,25 МПа (2—2,5 кгс/см<sup>2</sup>). Продолжительность испытания — 10 мин. При этом не должно наблюдаться снижение давления или утечки жидкости, применяемой при испытании.

10. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом. Продолжительность проверки — не менее 1 ч.

11. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой. Производится при нагрузке, обеспечиваемой технологическим оборудованием к моменту сдачи в эксплуатацию. При этом для электродвигателя с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования.

## **Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)**

1.8.16. Маслонаполненные трансформаторы мощностью до 1,6 МВ А испытываются по подпунктам 1, 2, 4, 8, 9, 11 — 14 настоящего пункта Правил.

Маслонаполненные трансформаторы мощностью более 1,6 МВ А, а также ответственные трансформаторы собственных нужд электростанций независимо от мощности испытываются в полном объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

Сухие и заполненные совтолом трансформаторы всех мощностей испытываются по подпунктам 1 — 8, 12, 14 настоящего пункта Правил.

1. Определение условий включения трансформаторов. Следует производить в соответствии с инструкцией «Трансформаторы силовые. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию» (РД 16.363—87).

2. Измерение характеристик изоляции. Допустимые значения сопротивления изоляции  $R_{60}$ , коэффициент абсорбции  $R_{60}/R_{15}$ , тангенс угла диэлектрических потерь

и отношения  $C_2/C_{50}$  и  $\Delta C/C$  регламентируются инструкцией по подпункту 1 настоящего пункта.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции обмоток вместе с вводами. Испытательные напряжения приведены в таблице 1.8.11 (приложение № 4 настоящих Правил).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток маслянаполненных трансформаторов при вводе в эксплуатацию не обязательно.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток сухих трансформаторов обязательно и производится по нормам таблицы 1.8.11 для аппаратов с облегченной изоляцией.

Импортные трансформаторы разрешается испытывать напряжениями, указанными в таблице 1.8.11, лишь в тех случаях, если они не превышают напряжения, которым данный трансформатор был испытан на заводе.

Изоляция импортных трансформаторов, которую поставщик испытал напряжением ниже указанного в ГОСТ 18472—82, испытывается напряжением, значение которого устанавливается в каждом случае особо.

Испытательное напряжение заземляющих реакторов на напряжение до 35 кВ аналогично приведенным для трансформаторов соответствующего класса.

Изоляция линейного вывода обмотки трансформаторов классов напряжения 110 кВ и выше, имеющих неполную изоляцию нейтрали (испытательное напряжение 85 и 100 кВ), испытывается только индуктированным напряжением, а изоляция нейтрали — приложенным напряжением;

б) изоляции доступных стержней шпилек, прессующих колец и ярмовых балок. Испытание следует производить в случае осмотра активной части. Испытательное напряжение — 1 — 2 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится на всех ответвлениях, если для этого не требуется выемки сердечника. Сопротивление должно отличаться не более чем на 2% от сопротивления, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от данных завода-изготовителя.

5. Проверка коэффициента трансформации. Производится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации должен отличаться не более чем на 2% от значений, полученных на том же ответвлении на других фазах, или от данных завода-изготовителя. Для трансформаторов с РПН разница между коэффициентами трансформаций не должна превышать значения ступени регулирования.

6. Проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов. Производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке.

7. Измерение тока и потерь холостого хода. Производится одно из измерений, указанных ниже:

а) при номинальном напряжении. Измеряется ток холостого хода. Значение тока не нормируется;

б) при малом напряжении. Измерение производится с приведением потерь к номинальному напряжению или без приведения (метод сравнения).

8. Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы. Снятие круговой диаграммы следует производить на всех положениях переключателя. Круговая диаграмма не должна отличаться от снятой на заводе-изготовителе. Проверку срабатывания переключающего устройства и давления контактов следует производить согласно заводским инструкциям.

9. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением. Производится гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя принимается: для трубчатых и гладких баков — 0,6 м; для баков волнистых, радиаторных или с охладителями — 0,3 м.

Продолжительность испытания 3 ч при температуре масла не ниже +10 °С. При испытании не должно наблюдаться течи масла.

10. Проверка системы охлаждения. Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать инструкции завода-изготовителя.

11. Проверка состояния силикагеля. Индикаторный силикагель должен иметь равномерную голубую окраску зерен. Изменение цвета свидетельствует об увлажнении силикагеля.

12. Фазировка трансформаторов. Должно иметь место совпадение по фазам.

13. Испытание трансформаторного масла. Свежее масло перед заливкой вновь вводимых трансформаторов, прибывающих без масла, должно быть испытано по показателям пунктам 1, 2, 4—12 таблицы 1.8.38 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

Из трансформаторов, транспортируемых без масла, до начала монтажа следует произвести отбор пробы остатков масла (со дна).

Электрическая прочность остатков масла в трансформаторах напряжением 110—220 кВ должна быть не ниже 35 кВ и в трансформаторах напряжением 500 кВ — не ниже 45 кВ.

Масло из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, транспортируемых с маслом, до начала монтажа испытывается по показателям пунктов 1—6 и 12 таблицы 1.8.38.

Испытание масла из трансформаторов с массой масла более 1 т, прибывающих с маслом, при отсутствии заводского протокола испытания масла перед включением в работу производится по показателям пунктов 1—11 таблицы 1.8.38, а масла из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, кроме того, по пункту 12 таблицы 1.8.38.

Испытание масла, залитого в трансформатор, перед включением его под напряжение после монтажа производится по показателям пунктам 1—6 таблицы 1.8.38.

При испытании масла из трансформаторов напряжением 110 кВ и выше по показателям пунктам 1—6 таблицы 1.8.38 следует производить и измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла следует производить также у трансфор-

маторов, имеющих повышенное значение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции.

Масло из трансформаторов I и II габаритов, прибывающих на монтаж заполненными маслом, при наличии удовлетворяющих нормам показателей заводского испытания, проведенного не более чем за 6 мес. до включения трансформатора в работу, разрешается испытывать только по показателям пункта 1 и 2 таблицы 1.8.38.

14. Испытание включением толчком на номинальное напряжение. В процессе 3—5-кратного включения трансформатора на номинальное напряжение не должны иметь место явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора.

Трансформаторы, смонтированные по схеме блока с генератором, рекомендуется включать в сеть подъемом напряжения с нуля.

15. Испытание вводов. Следует производить в соответствии с пунктом 1.8.33 настоящих Правил.

16. Испытание встроенных трансформаторов тока. Следует производить в соответствии с пунктом 1.8.17 настоящих Правил.

### **Измерительные трансформаторы**

1.8.17. Измерительные трансформаторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) первичных обмоток. Производится мегаомметром на напряжение 2500 В. Значение сопротивления изоляции не нормируется.

б) вторичных обмоток. Производится мегаомметром на напряжение 500 или 1000 В.

Сопротивление изоляции вторичных обмоток вместе с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Производится для трансформаторов тока напряжением 110 кВ и выше.

Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока при температуре +20°C не должен превышать значений, приведенных в таблице 1.8.12 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляция первичных обмоток. Испытание является обязательным для трансформаторов тока и трансформаторов напряжения до 35 кВ (кроме трансформаторов напряжения с ослабленной изоляцией одного из выводов).

Значения испытательных напряжений для измерительных трансформаторов указаны в таблице 1.8.13 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения: для трансформаторов напряжения — 1 мин; для трансформаторов тока с керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией — 1 мин; для трансформаторов тока с изоляцией из твердых органических материалов или кабельных масс — 5 мин;

б) изоляция вторичных обмоток. Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями составляет 1000 В. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

4. Измерение тока холостого хода. Производится для каскадных трансформаторов напряжением 110 кВ и выше на вторичной обмотке при номинальном напряжении. Значение тока холостого хода не нормируется.

5. Снятие характеристик намагничивания магнитопровода трансформаторов тока. Следует производить при изменении тока от нуля до номинального, если для этого не требуется напряжение выше 380 В. Для трансформаторов тока, предназначенных для питания устройств релейной защиты, автоматических аварийных осциллографов, фиксирующих приборов и т. п., когда необходимо проведение расчетов погрешностей, токов небаланса и допустимой нагрузки применительно к условиям прохождения токов выше номинального, снятие характеристик производится при изменении тока от нуля до такого значения, при котором начинается насыщение магнитопровода.

При наличии у обмоток ответвлений, характеристики следует снимать на рабочем ответвлении.

Снятые характеристики сопоставляются с типовой характеристикой намагничивания или с характеристиками намагничивания других однотипных исправных трансформаторов тока.

6. Проверка полярности выводов (у однофазных) или группы соединения (у трехфазных) измерительных трансформаторов. Производится при монтаже, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Полярность и группа соединений должны соответствовать паспортным данным.

7. Измерение коэффициента трансформации на всех ответвлениях. Производится для встроенных трансформаторов тока и трансформаторов, имеющих переключающее устройство (на всех положениях переключателя). Отклонение найденного значения коэффициента от паспортного должно быть в пределах точности измерения.

8. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится у первичных обмоток трансформатора тока напряжением 10 кВ и выше, имеющих переключающее устройство, и у связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения. Отклонение измеренного значения сопротивления обмотки от паспортного или от сопротивления обмоток других фаз не должно превышать 2%.

9. Испытание трансформаторного масла. Производится у измерительных трансформаторов 35 кВ и выше согласно пункта 1.8.33 настоящих Правил.

Для измерительных трансформаторов, имеющих повышенное значение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции, следует произвести испытание масла по пункту 12 таблицы 1.8.38 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

У маслонаполненных каскадных измерительных трансформаторов оценка состояния масла в отдельных ступенях производится по нормам, соответствующим номинальному рабочему напряжению ступени (каскада).



10. Испытание емкостных трансформаторов напряжения типа НДЕ. Производится согласно инструкции завода-изготовителя.

11. Испытание вентильных разрядников трансформаторов напряжения типа ПДЕ. Производится в соответствии с пунктом 1.8.30 настоящих Правил.

### Масляные выключатели

1.8.18. Масляные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции не должно быть менее значений, приведенных ниже:

Номинальное напряжение

выключателя, кВ ..... 3—10      15—150      220—500

Сопротивление изоляции, МОм..... 1000      3000      5000

б) вторичных цепей, электромагнитов включения и отключения и т. п. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

2. Испытание вводов. Производится в соответствии с пунктом 1.8.33 настоящих Правил.

3. Оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств. Производится для выключателей 35 кВ с установленными вводами путем измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Внутрибаковая изоляция подлежит сушке, если измеренное значение тангенса в 2 раза превышает тангенс угла диэлектрических потерь вводов, измеренный при полном исключении влияния внутрибаковой изоляции дугогасительных устройств, т. е. до установки вводов в выключатель.

4. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателей относительно корпуса или опорной изоляции. Производится для выключателей напряжением до 35 кВ. Испытательное напряжение для выключателей принимается в соответствии с данными таблицы 1.8.14 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов включения и отключения. Значение испытательного напряжения — 1000 В. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

5. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов масляных выключателей. Измеряется сопротивление токоведущей системы полюса выключателя и отдельных его элементов. Значение сопротивления контактов постоянному току должно соответствовать данным завода-изготовителя;

б) шунтирующих резисторов дугогасительных устройств. Измеренное значение сопротивления должно отличаться от заводских данных не более чем на 3%;

в) обмоток электромагнитов включения и отключения; значение сопротивлений обмоток должно соответствовать данным заводов-изготовителей.

6. Измерение скоростных и временных характеристик выключателей. Измерение скорости обязательно для выключателей 6 кВ и выше, выключателей для которых измерение скорости не предусмотрено инструкциями заводов-изготовителей. Измеренные характеристики должны соответствовать данным заводов-изготовителей.

7. Измерение хода подвижных частей (траверс) выключателя, вжима контактов при включении, одновременности замыкания и размыкания контактов. Полученные значения должны соответствовать данным заводов-изготовителей.

8. Проверка регулировочных и установочных характеристик механизмов, приводов и выключателей. Производится в объеме и по нормам инструкций заводов-изготовителей и паспортов для каждого типа привода и выключателя.

9. Проверка действия механизма свободного расцепления. Производится на участке хода подвижных контактов при выключении — от момента замыкания первичной цепи выключателя (с учетом промежутка между его контактами, пробиваемого при сближении последних) до полного включения положения. При этом должны учитываться специфические требования, обусловленные конструкцией привода и определяющие необходимость проверки действия механизма свободного расцепления при поднятом до упора сердечнике электромагнита включения или при незаведенных пружинах (грузе) и т. д.

10. Проверка напряжения (давления) срабатывания приводов выключателей. Производится (без тока в первичной цепи выключателя) с целью определения фактических значений напряжения на зажимах электромагнитов приводов или давления сжатого воздуха пневмоприводов, при которых выключатели сохраняют работоспособность, т. е. выполняют операции включения и отключения от начала до конца. При этом временные и скоростные характеристики могут не соответствовать нормируемым значениям.

Напряжение срабатывания должно быть на 15—20% меньше нижнего предела рабочего напряжения на зажимах электромагнитов приводов, а давление срабатывания пневмоприводов — на 20—30% меньше нижнего предела рабочего давления. Работоспособность выключателя с пружинным приводом необходимо проверить при уменьшенном натяге включающих пружин согласно указаниям инструкций заводов-изготовителей.

Масляные выключатели должны обеспечивать надежную работу при следующих значениях напряжения на зажимах электромагнитов приводов: при отключении 65—120% номинального; при включении выключателей 80—110% номинального (с номинальным током включения до 50 кА) и 85—110% номинального (с номинальным током включения более 50 кА). Для выключателей с пневмоприводами диапазон изменения рабочего давления должен быть не менее 90—110% номинального. При указанных значениях нижних пределов рабочего напряжения (давления) приводов выключатели (без тока в первичной цепи) должны обеспечивать нормируемые заводами-изготовителями для соответствующих условий временные и скоростные характеристики.

11. Испытание выключателя многократными включениями и отключениями. Многократные опробования масляных выключателей производятся при напряжении на зажимах электромагнитов: включения 110, 100, 80 (85)% номинального и минимальном напряжении срабатывания; отключения 120, 100, 65% номинального и минимальном напряжении срабатывания.

Количество операций при пониженном и повышенном напряжениях должно быть 3—5, а при номинальном напряжении — 10.

Кроме того, выключатели следует подвергнуть 3—5-кратному опробованию в цикле В — О (без выдержки времени), а выключатели, предназначенные для работы в режиме АПВ, также 2—3-кратному опробованию в циклах О — В и О — В — О. Работа выключателя в сложных циклах должна проверяться при номинальном и пониженном до 80 (85)% номинального напряжения на зажимах электромагнитов приводов.

12. Испытание трансформаторного масла выключателей. У баковых выключателей всех классов напряжений и малообъемных выключателей 110 кВ и выше испытание масла производится до и после заливки масла в выключатели.

У малообъемных выключателей до 35 кВ масло испытывается до заливки в дугогасительные камеры. Испытание масла производится в соответствии с пунктом 1.8.35 настоящих Правил.

13. Испытание встроенных трансформаторов тока. Производится в соответствии с пунктом 1.8.17 настоящих Правил.

### **Воздушные выключатели**

1.8.19. Воздушные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей и изолирующих тяг выключателей всех классов напряжений. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ или от источника напряжения выпрямленного тока.

В случае необходимости измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей следует производить с установкой охранных колец на внешней поверхности.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в таблице 1.8.15 (приложение № 4 к настоящим Правилам).

б) вторичных цепей, обмоток электромагнитов включения и отключения. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателей. Обязательно для выключателей до 35 кВ.

Опорную цельнофарфоровую изоляцию выключателей следует испытывать повышенным напряжением промышленной частоты в соответствии с таблицей 1.8.37 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

Изоляция выключателей, состоящая из многоэлементных изоляторов, испытывается в соответствии с пунктом 1.8.34 настоящих Правил;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов воздушных выключателей всех классов напряжения. Измерению подлежит сопротивление контактов каждого элемента гасительной камеры, отделителя, ножа и т. п. в отдельности. Наибольшие допустимые значения сопротивления контактов воздушных выключателей приведены в таблице 1.8.16;

б) обмоток электромагнитов включения и отключения выключателей. Устанавливается для каждого типа выключателей согласно таблице 1.8.17 (приложение №4 к настоящим Правилам) или данным завода-изготовителя;

в) делителей напряжения и шунтирующих резисторов выключателя. Для них нормы устанавливаются по данным завода-изготовителя.

4. Проверка характеристик выключателя. Характеристики выключателя, снятые при номинальном, минимальном и максимальном рабочих давлениях при простых операциях и сложных циклах, должны соответствовать данным завода-изготовителя.

5. Проверка срабатывания привода выключателя при пониженном напряжении. Напряжение срабатывания электромагнитов управления при максимальном давлении воздуха в баках 2,06 МПа ( $21,0 \text{ кгс/см}^2$ ) должно быть не более 65% номинального.

6. Испытание выключателя многократным включением и отключением. Количество операций и сложных циклов, выполняемых каждым выключателем, устанавливается согласно таблицы 1.8.18 (приложение №4 к настоящим Правилам).

7. Испытание конденсаторов делителей напряжения воздушных выключателей. Производится в соответствии с пунктом 1.8.29 настоящих Правил.

8. Проверка хода якоря электромагнита управления. Ход якоря электромагнитов с форсировкой должен быть равен  $8 \pm 1$  мм.

### **Элегазовые выключатели**

1.8.20. Элегазовые выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Измерение должно выполняться согласно указаниям пункта 1.8.36 настоящих Правил.

2. Испытание изоляции.

а) Испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц.

Испытание электрической прочности изоляции производится на полностью собранном аппарате напряжением 35 кВ и ниже.

Значение испытательного напряжения принимается согласно таблицы 1.8.11 (приложение №4 настоящих Правил).

б) Испытание изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Испытание должно выполняться в соответствии с указаниями пункта 1.8.36 настоящих Правил.

3. Измерение сопротивления постоянному току.

а) Измерение сопротивления главной цепи.

Сопротивление главной цепи должно измеряться как в целом всего токоведущего контура полюса, так и отдельно каждого разрыва дугогасительного устройства (если это позволяет конструктивное исполнение аппарата).

При текущих ремонтах сопротивление токоведущего контура каждого полюса выключателя измеряется в целом.

б) Измерение сопротивления обмоток электромагнитов управления и добавочных резисторов в их цепи.

Измеренные значения сопротивлений должны соответствовать заводским нормам.

4. Проверка минимального напряжения срабатывания выключателей.

Выключатели должны срабатывать при напряжении не более  $0,7 U_{ном}$  при питании привода от источника постоянного тока;  $0,65 U_{ном}$  при питании привода от сети переменного тока при номинальном давлении элегаза в полостях выключателя и наибольшем рабочем давлении в резервуарах привода. Напряжение на электромагниты должно подаваться толчком.

5. Испытания конденсаторов делителей напряжения.

Испытания должны выполняться согласно указаниям пункта 1.8.29 настоящих Правил.

Значение измеренной емкости должно соответствовать норме завода-изготовителя.

6. Проверка характеристик выключателя.

При проверке работы элегазовых выключателей должны определяться характеристики, предписанные заводскими инструкциями. Результаты проверок и измерений должны соответствовать паспортным данным.

Значения собственных времен отключения и включения должны обеспечиваться при номинальном давлении элегаза в дугогасительных камерах выключателя, начальном избыточном давлении сжатого воздуха в резервуарах приводов, равном номинальному, и номинальном напряжении на выводах цепей электромагнитов управления.

7. Испытание выключателей многократными опробованиями.

Многократные опробования — выполнение операций включения и отключения и сложных циклов (ВО без выдержки времени между операциями — для всех выключателей; ОВ и ОВО — для выключателей, предназначенных для работы в режиме АПВ) — должны производиться при различных давлениях сжатого воздуха в приводе и напряжениях на выводах электромагнитов управления

с целью проверки исправности действия выключателей согласно таблице 1.8.18 (приложение №4 настоящих Правил).

#### 8. Контроль наличия утечки газа.

Проверка герметичности производится с помощью течеискателя. При контроле наличия утечки шупом течеискателя обследуются места уплотнений стыковых соединений и сварных швов выключателя.

Результат контроля наличия утечки считается удовлетворительным, если выходной прибор течеискателя не показывает утечки. Контроль производится при номинальном давлении элегаза.

#### 9. Проверка содержания влаги и в элегазе.

Содержание влаги в элегазе определяется перед заполнением выключателя элегазом на основании измерения точки росы. Температура точки росы элегаза должна быть не выше минус 50°C.

#### 10. Испытания встроенных трансформаторов тока.

Испытания должны выполняться в соответствии с указаниями пункта 1.8.17 настоящих Правил.

#### 11. Тепловизионный контроль.

При контроле оценивается нагрев контактов и контактных соединений токоведущего контура выключателя. Тепловизионный контроль производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

Эксплуатация элегазовых выключателей выполняется согласно инструкции завода-изготовителя.

### **Вакуумные выключатели**

1.8.21. Вакуумные выключатели всех классов напряжения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Измерение производится согласно указаниям пункта 1.8.36 настоящих Правил.

2. Испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц.

а) Испытание изоляции выключателя.

Значение испытательного напряжения принимается согласно таблицы 1.8.11 (приложение №4 к настоящим Правилам).

б) Испытание изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Испытания проводятся согласно указаниям пункта 1.8.36 настоящих Правил.

3. Измерение сопротивления постоянному току.

а) Измерение сопротивления токоведущего контура.

Предельное значение сопротивления каждого полюса выключателей приведено в таблице 1.8.19 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Сопротивление токоведущего контура полюса выключателей типов:

ВВВ-10-2/320 должно быть не более 300 мкОм;

ВВ/ TEL-10(6) должно быть не более 50 мкОм.

б) Сопротивление постоянному току электромагнитов управления. Нормы сопротивлений приведены в таблице 1.8.19 (приложение №4 к настоящим Правилам).

4. Допустимый износ контактов.

Износ контактов в процессе эксплуатации определяется по ширине окрашенной полосы на подвижном контакте камеры.

При износе контактов выключателей ВВЭ-10 на 4-4,5 мм дугогасительные камеры должны быть заменены.

5. Проверка минимального напряжения на электромагнитах управления, при котором срабатывает выключатель.

Вакуумные выключатели должны срабатывать при напряжении на :

электромагнитах включения не менее  $0,85 U_{ном}$ ;

электромагнитах отключения не менее  $0,7 U_{ном}$ .

6. Измерение временных характеристик выключателей.

Временные характеристики должны соответствовать нормам, приведенным в пунктах 1 и 2 таблицы 1.8.19.

7. Измерение хода подвижных частей и одновременности замыкания контактов.

Измеренные значения должны соответствовать пунктам 4 ÷ 7 таблицы 1.8.19.

8. Испытание выключателей многократными опробованиями.

Число операций и сложных циклов, подлежащих выполнению выключателем при номинальном напряжении на выводах электромагнитов, должно составлять:

3 - 5 операций включения и отключения;

2 - 3 цикла ВО без выдержки времени между операциями.

9. Тепловизионный контроль.

При контроле оценивается нагрев контактов и контактных соединений токоведущего контура выключателей. Тепловизионный контроль производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

## Выключатели нагрузки

1.8.22. Полностью собранный и отрегулированный выключатель нагрузки испытывается в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателя нагрузки. Производится в соответствии с таблицей 1.8.14 (приложение №4 к настоящим Правилам);

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов выключателя. Производится измерение сопротивления токоведущей системы полюса и каждой пары рабочих контактов. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя;

б) обмоток электромагнитов управления. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя.

4. Проверка действия механизма свободного расцепления. Механизм свободного расцепления проверяется в работе в соответствии с подпунктом 9 пункта 1.8.18 настоящих Правил.

5. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении. Производится в соответствии с подпунктом 10 пункта 1.8.18 настоящих Правил.

6. Испытание выключателя нагрузки многократным опробованием. Производится в соответствии с подпунктом 11 пункта 1.8.18 настоящих Правил.

7. Испытание предохранителей. Производится в соответствии с пунктом 1.8.32 настоящих Правил.

### **Разъединители, отделители и короткозамыкатели**

1.8.23. Полностью собранные и отрегулированные разъединители, отделители и короткозамыкатели всех классов напряжений испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) поводков и тяг, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в подпункте 1а пункта 1.8.18 настоящих Правил.

б) многоэлементных изоляторов. Производится в соответствии с пунктом 1.8.34 настоящих Правил;

в) вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей. Производится в соответствии с таблицей 1.8.14 (приложение №4 к настоящим Правилам);

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с пунктом 1.8.36 настоящих Правил.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактной системы разъединителей и отделителей напряжением 110 кВ и выше. Измеренные значения должны соответствовать данным заводов-изготовителей или приведенным в таблице 1.8.20 (приложение №4 к настоящим Правилам);

б) обмоток электромагнитов управления. Значения сопротивления обмоток должны соответствовать данным заводов-изготовителей.

4. Измерение вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных. Производится у разъединителей и отделителей 35 кВ, а в электроустановках энергосистем — независимо от класса напряжения. Измерения значения вытягивающих усилий при обезжиренном состоянии контактных поверхностей



должны соответствовать данным завода-изготовителя, а при их отсутствии — данным, приведенным в таблице 1.8.21 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Кроме указанных в таблице 1.8.21 норм для разъединителей наружной установки 35—220 кВ на номинальные токи 630—2000 А, заводом-изготовителем установлена общая норма вытягивающего усилия на пару латемей 78,5—98 Н (8—10 кгс).

5. Проверка работы. Проверку аппаратов с ручным управлением следует производить путем выполнения 10—15 операций включения и отключения. Проверка аппаратов с дистанционным управлением производится путем выполнения 25 циклов включения и отключения при номинальном напряжении управления и 5—10 циклов включения и отключения при пониженном до 80% номинального напряжения на зажимах электромагнитов (электродвигателей) включения и отключения.

6. Определение временных характеристик. Производится у короткозамыкателей при включении и у отделителей при отключении. Измеренные значения должны соответствовать данным завода-изготовителя, а при их отсутствии — данным, приведенным в таблице 1.8.22 (приложение №4 к настоящим Правилам).

### **Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (КРУ и КРУН)**

1.8.24. Комплектные распределительные устройства после монтажа на месте установки испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

Нормы испытаний элементов КРУ: масляных выключателей, измерительных трансформаторов, выключателей нагрузки, вентильных разрядников, предохранителей, разъединителей, силовых трансформаторов и трансформаторов масла — приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) первичных цепей. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции полностью собранных первичных цепей КРУ с установленными в них узлами и деталями, которые могут оказать влияние на результаты испытаний, должно быть не менее 1000 МОм.

При неудовлетворительных результатах испытаний измерение сопротивления производится поэлементно, при этом сопротивление изоляции каждого элемента должно быть не менее 1000 МОм;

б) вторичных цепей. Производится мегаомметром на напряжение 0,5—1000 В. Сопротивление изоляции каждого присоединения вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (реле, приборами, вторичными обмотками трансформаторов тока и напряжения и т. п.) должно быть не менее 1 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции первичных цепей ячеек КРУ и КРУН. Испытательное напряжение полностью смонтированных ячеек КРУ и КРУН при вкваченных в рабо-

чее положение тележек и закрытых дверях указано в таблице 1.8.23 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для ячеек с керамической изоляцией — 1 мин; для ячеек с изоляцией из твердых органических материалов — 5 мин;

б) изоляции вторичных цепей. Производится напряжением 1000 В. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

3. Измерение сопротивления постоянному току. Сопротивление разъемных и болтовых соединений постоянному току должно быть не более значений, приведенных в таблице 1.8.24 (приложение №4 к настоящим Правилам).

4. Механические испытания. Производятся в соответствии с инструкциями завода-изготовителя. К механическим испытаниям относятся:

а) вкатывание и выкатывание выдвигаемых элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов и т. п.;

б) измерение контактов нажатия разъемных контактов первичной цепи;

в) проверка работы и состояния контактов заземляющего разъединителя.

### **Комплектные экранированные токопроводы с воздушным охлаждением и шинопроводы**

1.8.25. Объем и нормы испытаний оборудования, присоединенного к токопроводу и шинопроводу (генератор, силовые и измерительные трансформаторы и т. п.) приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

Полностью смонтированные токопроводы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение изоляции токопровода при отсоединенных обмотках генератора, силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения устанавливается согласно таблицы 1.8.25 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Длительность приложения нормированного испытательного напряжения к токопроводу с чисто фарфоровой изоляцией — 1 мин. Если изоляция токопровода содержит элементы из твердых органических материалов, продолжительность приложения испытательного напряжения — 5 мин.

2. Проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений. Выборочно проверяется затяжка болтовых соединений токопровода.

Если монтаж токопровода осуществляется в отсутствие заказчика, производится выборочная разборка 1—2 болтовых соединений токопровода с целью проверки качества выполнения контактных соединений.

Сварные соединения подвергаются осмотру в соответствии с инструкцией по сварке алюминия или при наличии соответствующей установки — контролю методом рентгено- или гаммадефектоскопии или другим рекомендованным заводом-изготовителем способом.

3. Проверка состояния изоляционных прокладок.

Производится у токопроводов, кожухи которых изолированы от опорных металлоконструкций. Проверка целостности изоляционных прокладок осуществляется путем сравнительных измерений падения напряжения на изоляционных прокладках секции фазы или измерения тока, проходящего в металлоконструкциях между станинами секций.

4. Осмотр и проверка устройства искусственного охлаждения токопровода. Производится согласно инструкции завода-изготовителя.

### **Сборные и соединительные шины**

1.8.26. Шины испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил: на напряжение до 1000 В — по подпунктам 1, 3 — 5; на напряжение выше 1000 В — по подпунктам 2 — 6.

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

а) опорных одноэлементных изоляторов. Керамические одноэлементные опорные изоляторы внутренней и наружной установок испытываются в соответствии с пунктом 1.8.34 настоящих Правил;

б) опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Штыревые и подвесные изоляторы испытываются согласно подпункта 2б пункта 1.8.34 настоящих Правил.

3. Проверка качества выполнения болтовых контактных соединений шин. Производится выборочная проверка качества затяжки контактов и вскрытие 2—3% соединений. Измерение переходного сопротивления контактных соединений следует производить выборочно у сборных и соединительных шин на 1000 А и более на 2—3% соединений. Падение напряжения или сопротивление на участке шины (0,7—0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шин той же длины и того же сечения более чем в 1,2 раза.

4. Проверка качества выполнения впрессованных контактных соединений шин. Опрессованные контактные соединения бракуются, если:

а) их геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

б) на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

в) кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины;

г) стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Следует произвести выборочное измерение переходного сопротивления 3—5% опрессованных контактных соединений.

Падение напряжения или сопротивление на участке соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза.

5. Контроль сварных контактных соединений. Сварные контактные соединения бракуются, если непосредственно после выполнения сварки будут обнаружены:

а) пережог провода наружного навива или нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

б) усадочная раковина в месте сварки глубиной более  $1/3$  диаметра провода.

6. Испытание проходных изоляторов. Производится в соответствии с пунктом 1.8.33 настоящих Правил.

### **Сухие токоограничивающие реакторы**

1.8.27. Сухие токоограничивающие реакторы должны быть испытаны в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления. Производится мегаомметром на напряжение 1—2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

2. Испытание фарфоровой опорной изоляции реакторов повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение опорной изоляции полностью собранного реактора устанавливается согласно таблицы 1.8.26 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

Испытание опорной изоляции сухих реакторов повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с изоляторами ошиновки ячейки.

### **Статические преобразователи для промышленных целей**

1.8.28. Комплектные статические преобразователи испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил: ионные нереверсивные — по подпунктам 1 — 8, 10, 11; ионные реверсивные — по подпунктам 1 — 11; полупроводниковые управляемые нереверсивные — по подпунктам 1 — 4, 6 — 8, 10, 11; полупроводниковые управляемые реверсивные — по подпунктам 1 — 4, 6 — 11; полупроводниковые неуправляемые — по подпунктам 1 — 4, 7, 10, 11.

Настоящий пункт Правил не распространяется на тиристорные возбудители синхронных генераторов и компенсаторов.

1. Измерение сопротивления изоляции элементов и цепей преобразователя. Следует производить в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляция узлов и цепей ионного преобразователя и преобразовательного трансформатора должна выдержать в течение 1 мин испытательное напряжение промышленной частоты. Значения испытательного напряжения приведены

в таблице 1.8.27 (приложение №4 к настоящим Правилам), где  $U_d$  — напряжение холостого хода преобразовательного агрегата.

Испытательные напряжения между катодом и корпусом вентиля относятся к преобразователям с изолированным катодом.

Для встречно-параллельных схем преобразователей для электропривода и преобразователей с последовательным соединением вентилях в каждой фазе катоды и корпуса вентилях, а также цепи, связанные с катодами, должны испытываться напряжением  $2,25 U_d + 3500$ ;

б) изоляция узлов и цепей полупроводникового преобразователя (силовые цепи — корпус и силовые цепи — цепи собственных нужд) должна выдержать в течение 1 мин испытательное напряжение промышленной частоты, равное 1,8 кВ или указанное заводом-изготовителем.

Силовые цепи переменного и выпрямленного напряжения на время испытания должны быть электрически соединены между собой.

3. Проверка всех видов защит преобразователя. Пределы срабатывания защит должны соответствовать расчетным проектным данным.

4. Испытание преобразовательного трансформатора и реакторов. Производится в соответствии с пунктом 1.8.16 настоящих Правил.

5. Проверка зажигания. Зажигание должно происходить четко, без длительной пульсации системы зажигания.

6. Проверка фазировки. Фаза импульсов управления должна соответствовать фазе анодного напряжения в диапазоне регулирования.

7. Проверка системы охлаждения. Разность температур воды на входе и выходе системы охлаждения ртутного преобразователя должна соответствовать данным завода-изготовителя.

Скорость охлаждающего воздуха полупроводникового преобразователя с принудительным воздушным охлаждением должна соответствовать данным завода-изготовителя.

8. Проверка диапазона регулирования выпрямленного напряжения. Диапазон регулирования должен соответствовать данным завода-изготовителя, изменение значения выпрямленного напряжения должно происходить плавно. Снятие регулировочной характеристики производится при работе преобразователя на нагрузку не менее 0,1 номинальной. Характеристики нагрузки, применяемой при испытаниях, должны соответствовать характеристикам нагрузки, для которой предусмотрен преобразователь.

9. Измерение статического уравнительного тока. Измерение следует производить во всем диапазоне регулирования. Уравнительный ток не должен превосходить предусмотренного проектом.

10. Проверка работы преобразователя под нагрузкой (для регулируемых преобразователей во всем диапазоне регулирования). При этом производится проверка равномерности распределения токов по фазам и вентилям. Неравномерность не должна приводить к перегрузкам какой-либо фазы или вентиля преобразователя.

11. Проверка параллельной работы преобразователей. Должно иметь место устойчивое распределение нагрузки в соответствии с параметрами параллельно работающих выпрямительных агрегатов.

### Бумажно-масляные конденсаторы

1.8.29. Бумажно-масляные конденсаторы связи, отбора мощности, делительные конденсаторы, конденсаторы продольной компенсации и конденсаторы для повышения коэффициента мощности испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил; конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением ниже 1000 В — по подпунктам 1, 4, 5; конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением 1000 В и выше — по подпунктам 1, 2, 4, 5; конденсаторы связи, отбора мощности и делительные конденсаторы — по подпунктам 1 — 4.

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора и отношение  $R_{60}/R_{15}$  не нормируются.

2. Измерение емкости. Производится при температуре 15—35°C. Измеренная емкость должна соответствовать паспортным данным с учетом погрешности измерения и приведенных в таблице 1.8.28 (приложение №4 к настоящим Правилам) допусков.

3. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов. Измеренные значения тангенса угла диэлектрических потерь для конденсаторов всех типов при температуре 15—35°C не должны превышать 0,4%.

4. Испытание повышенным напряжением. Испытательное напряжение конденсаторов для повышения коэффициента мощности приведены в таблице 1.8.29 (приложение №4 к настоящим Правилам); для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов — в таблице 1.8.30 (приложение №4 к настоящим Правилам), и конденсаторов продольной компенсации — в таблице 1.8.31 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 мин.

При отсутствии источника тока достаточной мощности испытания повышенным напряжением промышленной частоты могут быть заменены испытанием выпрямленным напряжением удвоенного значения по отношению к указанному в таблицах 1.8.29—1.8.31.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты относительно корпуса изоляции конденсаторов, предназначенных для повышения коэффициента мощности (или конденсаторов продольной компенсации) и имеющих вывод, соединенный с корпусом, не производится.

5. Испытание батареи конденсаторов трехкратным включением. Производится включением на номинальное напряжение с контролем значений токов по каждой фазе. Токи в различных фазах должны отличаться один от другого не более чем на 5%.

## Вентильные разрядники

1.8.30. Вентильные разрядники после установки на месте монтажа испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления элемента разрядника. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции элемента не нормируется. Для оценки изоляции сопоставляются измеренные значения сопротивления изоляции элементов одной и той же фазы разрядника; кроме того, эти значения сравниваются с сопротивлением изоляции элементов других фаз комплекта или данными завода-изготовителя.

2. Измерение тока проводимости (тока утечки). Допустимые токи проводимости (токи утечки) отдельных - элементов вентильных разрядников приведены в таблице 1.8.32 (приложение №4 к настоящим Правилам).

3. Измерение пробивных напряжений при промышленной частоте. Пробивное напряжение искровых промежутков элементов вентильных разрядников при промышленной частоте должно быть в пределах значений, указанных в таблице 1.8.33 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Измерение пробивных напряжений промышленной частоты разрядников с шунтирующими резисторами допускается производить на испытательной установке, позволяющей ограничивать ток через разрядник до 0,1 А и время приложения напряжения до 0,5 с.

## Трубчатые разрядники

1.8.31. Трубчатые разрядники испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Проверка состояния поверхности разрядника. Производится путем осмотра перед установкой разрядника на опору. Наружная поверхность разрядника не должна иметь трещин и отслоений.

2. Измерение внешнего искрового промежутка. Производится на опоре после установки разрядника. Искровой промежуток не должен отличаться от заданного.

3. Проверка расположения зон выхлопа. Производится после установки разрядников. Зоны выхлопа не должны пересекаться и охватывать элементы конструкций и проводов, имеющих потенциал, отличающийся от потенциала открытого конца разрядника.

## Предохранители напряжением выше 1000 В

1.8.32. Предохранители выше 1000 В испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытательное напряжение устанавливается согласно таблицы 1.8.26 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с испытанием изоляторов ошиновки ячейки.

2. Проверка целости плавких вставок и токоограничивающих резисторов и соответствия их проектным данным. Плавкие вставки и токоограничивающие резисторы должны быть калиброванными и соответствовать проектным данным. У предохранителей с кварцевым песком дополнительно проверяется целость плавкой вставки.

### **Вводы и проходные изоляторы**

1.8.33. Вводы и проходные изоляторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 1—2,5 кВ у вводов с бумажно-масляной изоляцией. Измеряется сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов относительно соединительной втулки. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится у вводов и проходных изоляторов с внутренней основной маслобарьерной, бумажно-масляной и бакелитовой изоляцией. Тангенс угла диэлектрических потерь вводов и проходных изоляторов не должен превышать значений, указанных в таблице 1.8.34 (приложение №4 к настоящим Правилам).

У вводов и проходных изоляторов, имеющих специальный вывод к потенциометрическому устройству (ПИН), производится измерение тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции и изоляции измерительного конденсатора. Одновременно производится и измерение емкости.

Браковочные нормы по тангенсу угла диэлектрических потерь для изоляции измерительного конденсатора те же, что и для основной изоляции.

У вводов, имеющих измерительный вывод от обкладки последних слоев изоляции (для измерения угла диэлектрических потерь), рекомендуется измерять тангенс угла диэлектрических потерь этой изоляции.

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь производится при напряжении 3 кВ.

Для оценки состояния последних слоев бумажно-масляной изоляции вводов и проходных изоляторов можно ориентироваться на средние опытные значения тангенса угла диэлектрических потерь: для вводов 110—115 кВ — 3%; для вводов 220 кВ — 2% и для вводов 500 кВ — предельные значения тангенса угла диэлектрических потерь, принятые для основной изоляции.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание является обязательным для вводов и проходных изоляторов на напряжении до 35 кВ.

Испытательное напряжение для проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно или после установки в распределительном устройстве на масля-



ный выключатель и т. п., принимается согласно таблицы 1.8.35 (приложение №4 настоящих Правил).

Испытание вводов, установленных на силовых трансформаторах, следует производить совместно с испытанием обмоток последних по нормам, принятым для силовых трансформаторов (смотри таблицу 1.8.11 приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов и проходных изоляторов с основной керамической, жидкой или бумажно-масляной изоляцией — 1 мин, а с основной изоляцией из бакелита или других твердых органических материалов — 5 мин. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов, испытываемых совместно с обмотками трансформаторов, — 1 мин.

Ввод считается выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, перекрытия, скользящих разрядов и частичных разрядов в масле (у маслонаполненных вводов), выделений газа, а также если после испытания не обнаружено местного перегрева изоляции.

4. Проверка качества уплотнений вводов. Производится для негерметичных маслонаполненных вводов напряжением 110—500 кВ с бумажно-масляной изоляцией путем создания в них избыточного давления масла 98 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>). Продолжительность испытания— 30 мин. При испытании не должно наблюдаться признаков течи масла.

5. Испытание трансформаторного масла из маслонаполненных вводов. Для вновь заливаемых вводов масло должно испытываться в соответствии с пунктом 1.8.34 настоящих Правил.

После монтажа производится испытание залитого масла по показателям пунктов 1—6 таблицы 1.8.38 (приложение №4 к настоящим Правилам), а для вводов, имеющих повышенный тангенс угла диэлектрических потерь, и вводов напряжением 220 кВ и выше, кроме того, измерение тангенса угла диэлектрических потерь масла. Значения показателей должны быть не хуже приведенных в таблице 1.8.38, а значения тангенса угла диэлектрических потерь — не более приведенных в таблице 1.8.36 (приложение №4 к настоящим Правилам).

## **Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы**

1.8.34. Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

Для опорно-стержневых изоляторов испытание повышенным напряжением промышленной частоты не обязательно. Электрические испытания стеклянных подвесных изоляторов не производятся. Контроль их состояния осуществляется путем внешнего осмотра.

1. Измерение сопротивления изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ только при положительных температурах окружающего воздуха. Проверку изоляторов следует производить непосредственно перед их установкой в распределительных уст-

ройствах и на линиях электропередачи. Сопротивление изоляции каждого подвешенного изолятора или каждого элемента штыревого изолятора должно быть не менее 300 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) опорных одноэлементных изоляторов. Для этих изоляторов внутренней и наружной установок значения испытательного напряжения приводятся в таблице 1.8.37 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин;

б) опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Вновь устанавливаемые штыревые и подвесные изоляторы следует испытывать напряжением 50 кВ, прикладываемым к каждому элементу изолятора.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для изоляторов, у которых основной изоляцией являются твердые органические материалы, 5 мин, для керамических изоляторов — 1 мин.

## Трансформаторное масло

1.8.35. Трансформаторное масло на месте монтажа оборудования испытывается в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Анализ масла перед заливкой в оборудование. Каждая партия свежего, поступившего с завода трансформаторного масла должна перед заливкой в оборудование подвергаться однократным испытаниям по показателям, приведенным в таблице 1.8.38 (приложение №4 к настоящим Правилам), кроме пункта 3. Значения показателей, полученные при испытаниях, должны быть не хуже приведенных в таблице 1.8.38.

Масла, изготовленные по техническим условиям, не указанным в таблице 1.8.38, должны подвергаться испытаниям по тем же показателям, но нормы испытаний следует принимать в соответствии с техническими условиями на эти масла.

2. Анализ масла перед включением оборудования. Масло, отбираемое из оборудования перед его включением под напряжение после монтажа, подвергается сокращенному анализу в объеме, предусмотренном в пунктах 1—6 таблицы 1.8.38, а для оборудования 110 кВ и выше, кроме того, по пункту 12 таблицы 1.8.38.

3. Испытание масла из аппаратов на стабильность при его смешивании. При заливке в аппараты свежих кондиционных масел разных марок смесь проверяется на стабильность в пропорциях смешения, при этом стабильность смеси должна быть не хуже стабильности одного из смешиваемых масел, обладающего наименьшей стабильностью. Проверка стабильности смеси масел производится только в случае смешения ингибированного и неингибированного масел.

## **Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1000 В**

1.8.36. Электрические аппараты и вторичные цепи схем защит, управления, сигнализации и измерения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил. Электропроводки напряжением до 1000 В от распределительных пунктов до электроприемников испытываются по подпункту 1 настоящего пункта Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в таблице 1.8.39 (приложение №4 к настоящим Правилам).

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение для вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения со всеми присоединительными аппаратами (автоматические выключатели, магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы и т. п.) — 1000 В. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 1 мин.

3. Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматических выключателей. Производится у автоматических выключателей с номинальным током 200 А и более. Пределы действия расцепителей должны соответствовать заводским данным.

4. Проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Значения напряжения и количество операций при испытании автоматических выключателей и контакторов многократными включениями и отключениями приведены в таблице 1.8.40 (приложение №4 к настоящим Правилам).

5. Проверка релейной аппаратуры. Проверка реле защиты, управления, автоматики, сигнализации и других устройств производится в соответствии с действующими инструкциями. Пределы срабатывания реле на рабочих уставках должны соответствовать расчетным данным.

6. Проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока. Все элементы схем должны надежно функционировать в предусмотренной проектом последовательности при значениях оперативного тока, приведенных в таблице 1.8.41 (приложение №4 к настоящим Правилам).

### **Аккумуляторные батареи**

1.8.37. Законченная монтажом аккумуляторная батарея испытывается в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Измерение сопротивления изоляции. Измерение производится вольтметром (внутреннее сопротивление вольтметра должно быть точно известно, класс не ниже 1).

При полностью снятой нагрузке должно быть измерено напряжение батареи на зажимах и между каждым из зажимов и землей.

Сопротивление изоляции,  $R_x$  вычисляется по формуле

$$R_x = R_q \left( \frac{U}{U_1 + U_2} - 1 \right)$$

где  $R_q$  — внутреннее сопротивление вольтметра;  $U$  — напряжение на зажимах батареи;  $U_1$  и  $U_2$  — напряжения между положительным зажимом и землей и, отрицательным зажимом и землей.

Сопротивление изоляции батареи должно быть не менее указанного ниже:

Номинальное напряжение, В	24	48	110	220
Сопротивление, кОм	14	25	50	100

2. Проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи. Полностью заряженные аккумуляторы разряжают током 3- или 10-часового режима.

Емкость аккумуляторной батареи, приведенная к температуре  $+25^\circ\text{C}$ , должна соответствовать данным завода-изготовителя.

3. Проверка плотности температуры электролита. Плотность и температура электролита каждого элемента в конце заряда и разряда батареи должны соответствовать данным завода-изготовителя. Температура электролита при заряде должна быть не выше  $+40^\circ\text{C}$ .

4. Химический анализ электролита. Электролит для заливки кислотных аккумуляторных батарей должен готовиться из серной аккумуляторной кислоты сорта А по ГОСТ 667—73 и дистиллированной воды по ГОСТ 6709—72.

Содержание примесей и нелетучего остатка в разведенном электролите не должно превышать значений, приведенных ниже.

Прозрачность.....Прозрачная

Окраска согласно колориметрическому определению, мл.....0,6

Плотность,  $\text{т/м}^3$ , при  $20^\circ\text{C}$ ..... 1,18

Содержание, %:

моногидрата ..... 24,8

железа ..... 0,006

мышьяка.....0,00005

марганца ..... 0,00005

хлора.....0,0005

окислов азота ..... 0,00005

Нелетучий остаток %/о.....0,3

Реакция на металлы, осаждаемые сероводородом.....

Выдерживает испытание по ГОСТ 667—73, п. 19

Вещества, восстанавливающие

марганцовокислый калий .....Выдерживает

испытание по ГОСТ 667—73, п. 18

5. Измерение напряжения на элементах. Напряжение отстающих элементов в конце разряда не должно отличаться более чем на 1—1,5% от среднего напряжения остальных элементов, а количество отстающих элементов должно быть не более 5% их общего количества в батарее.

## Заземляющие устройства

1.8.38. Заземляющие устройства испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Проверка элементов заземляющего устройства. Ее следует производить путем осмотра элементов заземляющего устройства в пределах доступности осмотра. Сечения и проводимости элементов заземляющего устройства должны соответствовать требованиям настоящих Правил и проектным данным.

2. Проверка цепи между заземлителями и заземляющими элементами. Следует проверить сечения, целостность и прочность проводников заземления и зануления, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с контуром заземления. Надежность сварки проверяется ударом молотка.

3. Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1000 В. Пробивные предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению электроустановки.

4. Проверка цепи фаза — нуль в электроустановках до 1000 В с глухим заземлением нейтрали. Проверку следует производить одним из способов: непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или провод с помощью специальных приборов; измерением полного сопротивления петли фаза — нуль с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

Ток однофазного замыкания на корпус или нулевой провод должен обеспечивать надежное срабатывание защиты с учетом коэффициентов, приведенных в соответствующих главах настоящих Правил.

5. Измерение сопротивления заземляющих устройств. Значения сопротивления должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих главах настоящих Правил.

## Силовые кабельные линии

1.8.39. Силовые кабельные линии напряжением до 1000 В испытываются по подпунктам 1, 2, 7, 13, напряжением выше 1000 В и до 35 кВ — по подпунктам 1 — 3, 6, 7, 11, 13, напряжением 110 кВ и выше — в полном объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Проверка целостности и фазировки жил кабеля. Проверяются целостность и совпадение обозначений фаз подключаемых жил кабеля.

2. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Для силовых кабелей до 1000 В сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей выше 1000 В сопротивление изоляции не нормируется. Измерение следует производить до и после испытания кабеля повышенным напряжением.

3. Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока. Силовые кабели выше 1000 В испытываются повышенным напряжением выпрямленного тока.

Значения испытательного напряжения и длительность приложения нормированного испытательного напряжения приведены в таблице 1.8.42 (приложение №4 к настоящим Правилам).

В процессе испытания повышенным напряжением выпрямленного тока обращается внимание на характер изменения тока утечки.

Кабель считается выдержавшим испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока утечки или его нарастания после того, как он достиг установившегося значения.

4. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Допускается производить для линий 110—220 кВ взамен испытания выпрямленным током; значение испытательного напряжения: для линий 110 кВ—220 кВ (130 кВ по отношению к земле); для линий 220 кВ—500 кВ (288 кВ по отношению к земле). Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения — 5 мин.

5. Определение активного сопротивления жил. Производится для линий 35 кВ и выше. Активное сопротивление жил кабельной линии постоянному току, приведенное к 1 мм<sup>2</sup> сечения, 1 м длины и температуре +20°С, должно быть не более 0,0179 Ом для медной жилы и не более 0,0294 Ом для алюминиевой жилы.

6. Определение электрической рабочей емкости жил. Производится для линий 35 кВ и выше. Измеренная емкость, приведенная к удельным величинам, не должна отличаться от результатов заводских испытаний более чем на 5%.

7. Измерение распределения тока по одножильным кабелям. Неравномерность в распределении токов на кабелях не должна быть более 10%.

8. Проверка защиты от блуждающих токов. Производится проверка действия установленных катодных защит.

9. Испытание на наличие нерастворенного воздуха (пропиточное испытание). Производится для маслonaполненных кабельных линий 110—220 кВ. Содержание нерастворенного воздуха в масле должно быть не более 0,1%.

10. Испытание подпитывающих агрегатов и автоматического подогрева концевых муфт. Производится для маслonaполненных кабельных линий 110—220 кВ.

11. Контроль состояния антикоррозийного покрытия. Производится для стального трубопровода маслonaполненных кабельных линий 110—220 кВ.

12. Проверка характеристик масла. Производится для маслonaполненных кабельных линий 110—220 кВ. Отбор проб следует производить из всех элементов линии. Пробы масла марки С-220, отбираемые через 3 сут. после заливки, должны удовлетворять требованиям таблицы 1.8.43 (приложение №4 к настоящим Правилам).

Пробы масла марки МН-3, отбираемые из линий низкого и высокого давления через 5 сут. после заливки, должны удовлетворять требованиям таблицы 1.8.43.

13. Измерение сопротивления заземления. Производится на линиях всех напряжений для концевых заделок, а на линиях 110—220 кВ, кроме того, для металлических конструкций кабельных колодцев и подпиточных пунктов.

## Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 В

1.8.40. Воздушные линии электропередачи испытываются в объеме, предусмотренном настоящим пунктом Правил.

1. Проверка изоляторов. Производится согласно пункта 1.8.34 настоящих Правил.

2. Проверка соединений проводов. Ее следует производить путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения или сопротивления.

Опрессованные соединения проводов бракуются, если:

стальной сердечник расположен несимметрично;

геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

падение напряжения или сопротивление на участке соединения (соединителе) более чем в 1,2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке провода той же длины; испытание проводится выборочно на 5—10% соединителей;

кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины;

стальной сердечник опрессованного соединителя расположен несимметрично.

Сварные соединения бракуются, если:

произошел пережог, повивая наружного провода или обнаружено нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

усадочная раковина в месте сварки имеет глубину более  $1/3$  диаметра провода, а для сталеалюминевых проводов сечением 150—600 мм<sup>2</sup> — более 6 мм;

падение напряжения или сопротивление превышает более чем в 1,2 раза падение напряжения или сопротивление на участке провода такой же длины.

3. Измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов производится в соответствии с пунктом 1.8.38 настоящих Правил.

Таблица 1.3.1.

**Допустимая кратковременная перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной в течение, ч		
		0,5	1,0	3,0
0,6	В земле	1,35	1,30	1,15
	В воздухе	1,25	1,15	1,10
	В трубах (в земле)	1,20	1,0	1,1
0,8	В земле	1,20	1,15	1,10
	В воздухе	1,15	1,10	1,05
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00

Таблица 1.3.2.

**Допустимая на период ликвидации послеаварийного режима перегрузка для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией**

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		1	3	6
0,6	В земле	1,5	1,35	1,25
	В воздухе	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,30	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,20	1,15	1,10



**Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха**

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		-5 и ниже	0	-5	+10	-15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

**Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	Четырех одножильных	одного двухжильного	Одного трехжильного
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

**Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

**Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		Трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—

\*Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

**Допустимый длительный ток для кабелей  
с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой  
изоляция в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой  
оболочках, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводя- щей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей				
	однопровольных	двухпроводных		Трехпроводных	
	при прокладке				
	в воздухе	В воздухе	в земле	в воздухе	В земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Примечание Допустимые длительные токи для четырехпроводных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1000 В могут выбираться по таблице 1.3.7 (приложение №1 настоящих Правил) как для трехпроводных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 1.3.8.

**Допустимый длительный ток для переносных шланговых легких и средних шнуров, переносных шланговых тяжелых кабелей, шахтных гибких шланговых, прожекторных кабелей и переносных проводов с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для шнуров, проводов и кабелей		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
0,5	—	12	—
0,75	—	16	14
1,0	—	18	16
1,5	—	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

\* Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям с нулевой жилой и без нее

Таблица 1.3.9.

**Допустимый длительный ток для переносных шланговых с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей для торфопредприятий**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	0,5	3	6
6	44	45	47
10	60	60	65
16	80	80	85
25	100	105	105
35	125	125	130
50	155	155	160
70	190	195	—

\*Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

**Допустимый длительный ток для шланговых  
с медными жилами с резиновой изоляцией кабелей  
для передвижных электроприемников**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ	
	3	6		3	6
16	85	90	70	215	220
25	115	120	95	260	265
35	140	145	120	305	310
50	175	180	150	345	350

\*Токи относятся к кабелям с нулевой жилой и без нее.

Таблица 1.3.11.

**Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с  
резиновой изоляцией для электрифицированного  
транспорта 1, 3 и 4 кВ.**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А
1	20	16	115	120	390
1,5	25	25	150	150	445
2,5	40	35	185	185	505
4	50	50	230	240	590
6	65	70	285	300	670
10	90	95	340	350	745

**Снижающий коэффициент для проводов и кабелей,  
прокладываемых в коробах**

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, питающих	
	одно-жильных	много-жильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	Группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	—	До 4	1,0	—
	2	5—6	0,85	—
	3—9	7—9	0,75	—
	10—11	10—11	0,7	—
	12—14	12—14	0,65	—
	15—18	15—18	0,6	—
Однослойно	2—4	2—4	—	0,67
	5	5	—	0,6

Таблица 1.3.13.

**Допустимый длительный ток для кабелей  
с медными жилами с бумажной пропитанной  
маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией  
в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					
	одножильных до 1000 В	двужильных до 1000 В	трехжильных напряжением, кВ			Четырехжильных до 1000 В
			до 3	6	10	
6	—	80	70	—	—	—
10	140	105	95	80	—	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310



120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	—	490	440	400	450
240	880	—	570	510	460	—
300	1000	—	—	—	—	—
400	1220	—	—	—	—	—
500	1400	—	—	—	—	—
625	1520	—	—	—	—	—
800	1700	—	—	—	—	—

Таблица 1.3.14.

**Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			четырёхжильных до 1000 В
	до 3	6	10	
16	—	135	120	—
25	210	170	150	195
35	250	205	180	230
50	305	255	220	285
70	375	310	275	350
95	440	375	340	410
120	505	430	395	470
150	565	500	450	—
185	615	545	510	—
240	715	625	585	—

Таблица 1.3.15.

**Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток А для кабелей					четырёхжильных до 1000 В
	однопровольных до 1000 В	двухжильных до 1000 В	трехжильных напряжением,			
			до 3	6	10	
6	—	55	45	—	—	—
10	95	75	60	55	—	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	—	375	325	305	340
240	610	—	430	375	350	—
300	720	—	—	—	—	—
400	880	—	—	—	—	—
500	1020	—	—	—	—	—
625	1180	—	—	—	—	—
800	1400	—	—	—	—	—

Таблица 1.3.16.

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					четырёхжильных до 1000 В
	однопровольных до 1000 В	двухжильных до 1000 В	трехжильных напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
6	—	60	55	—	—	—
10	110	80	75	60	—	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200

Продолжение таблицы 1.3.13.

95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	—	380	340	310	345
240	675	—	440	390	355	—
300	770	—	—	—	—	—
400	940	—	—	—	—	—
500	1080	—	—	—	—	—
625	1170	—	—	—	—	—
800	1310	—	—	—	—	—

Таблица 1.3.17.

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воде**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей			
	трехжильных напряжением, кВ			Четырехжильных до 1000 В
	до 3	6	10	
16	—	105	90	—
25	160	130	115	150
35	190	160	140	175
50	235	195	170	220
70	290	240	210	270
95	340	290	260	315
120	390	330	305	360
150	435	385	345	—
185	475	420	390	—
240	550	480	450	—

Таблица 1.3.18.

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и не стекающей массой изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					Четырехжильных до 1000 В
	одножильных до 1000 В	двужильных до 1000 В	трехжильных напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
6	—	42	35	—	—	—
10	75	55	46	42	—	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	—	290	250	235	260
240	470	—	330	290	270	—
300	555	—	—	—	—	—
400	675	—	—	—	—	—
500	785	—	—	—	—	—
625	910	—	—	—	—	—
800	1080	—	—	—	—	—

Таблица 1.3.19.

**Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с медными жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей, проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей, проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	90	65	70	220	170
25	120	90	95	265	210
35	145	110	120	310	245
50	180	140	150	355	290

Таблица 1.3.20.

**Допустимый длительный ток для трехжильных кабелей напряжением 6 кВ с алюминиевыми жилами с обедненнопропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемых в земле и воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей, проложенных		Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей, проложенных	
	в земле	в воздухе		в земле	в воздухе
16	70	50	70	170	130
25	90	70	95	205	160
35	110	85	120	240	190
50	140	110	150	275	225

Таблица 1.3.21.

**Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно свинцованными медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и несгорающей массами изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110	120	85	—	—	—
35	135	145	100	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—
70	200	225	150	—	—	—
95	240	275	180	—	—	—
120	275	315	205	270	290	205
150	315	350	230	310	—	230
185	355	390	265	—	—	—

**Допустимый длительный ток для кабелей с отдельно свинцованными алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией, прокладываемых в земле, воде, воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для трехжильных кабелей напряжением, кВ					
	20			35		
	при прокладке					
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	85	90	65	—	—	—
35	105	110	75	—	—	—
50	125	140	90	—	—	—
70	155	175	115	—	—	—
95	185	210	140	—	—	—
120	210	245	160	210	225	160
150	240	270	175	240	—	175
185	275	300	205	—	—	—

Таблица 1.3.23.

**Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей, проложенных в земле, в зависимости от удельного сопротивления земли**

Характеристика земли	Удельное сопротивление, Ом·м	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9% , песчано-глинистая почва влажностью более 1 %	80	1,05
Нормальная почва и песок влажностью 7 — 9%, песчано-глинистая почва влажностью 12 — 14%	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7% , песчано-глинистая почва влажностью 8—12%	200	0,87
Песок влажностью до 4% , каменистая почва	300	0,75

**Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	85/—	—	—
16	120/—	—	—
25	145/—	105/110	—
35	170/—	125/135	—
50	215/—	155/165	—
70	260/—	185/205	—
95	305/—	220/255	—
120	330/—	245/290	240/265
150	360/—	270/330	265/300
185	385/—	290/360	285/335
240	435/—	320/395	315/380
300	460/—	350/425	340/420
400	485/—	370/450	—
500	505/—	—	—
625	525/—	—	—
800	550/—	—	—

\* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35—125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица 1.3.25.

**Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массой изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, небронированных, прокладываемых в воздухе**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВ		
	до 3	20	35
10	65/—	—	—
16	90/—	—	—
25	110/—	80/85	—

35	130/—	95/105	—
50	165/—	120/130	—
70	200/—	140/160	—
95	235/—	170/195	—
120	255/—	190/225	185/205
150	275/—	210/255	205/230
185	295/—	225/275	220/255
240	335/—	245/305	245/290
300	355/—	270/330	260/330
400	375/—	285/350	—
500	390/—	—	—
625	405/—	—	—
800	425/—	—	—

\* В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35—125 мм, в знаменателе — для кабелей, расположенных вплотную треугольником

Таблица 1.3.26.

**Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)**

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85



Допустимый длительный ток для кабелей 10 кВ с медными и алюминиевыми жилами сечением 95 мм<sup>2</sup>, прокладываемых в блоках

Группа	Конфигурация блоков	№ канала	Ток I <sub>0</sub> , А для кабелей	
			Медных	Алюминиевых
I		1	191	147
II		2	173	133
		3	167	129
III		2	154	119
IV		2	147	113
		3	138	106
V		2	143	110
		3	135	104
		4	131	101
VI		2	140	103
		3	132	102
		4	118	91
VII		2	136	105
		3	132	102
		4	119	92

VIII	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	3	3	2	2	135	104
	2	3	3	3	2																																																																																																					
	3				3																																																																																																					
	3				1																																																																																																					
3				1																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
2	3	3	2																																																																																																							
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	4	104	80													
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	3	2																																																																																																							
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
IX	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3			3	3			3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3	4	3	3			3	3			3	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3			3	3			3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3	4	3	3			3	3			3	2	3	2	2	135	104																									
	2	3	3	2																																																																																																						
	3	4	4	3																																																																																																						
	3			3																																																																																																						
3			3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
3			3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
3			3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3			3	3			3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	3	118	91																
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3			3	3			3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	4	100	77																
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
3			3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
X	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	3	3	2	3	4	3	3	4	3	3	4	3	2	3	2																																																																																										
	3	3	2																																																																																																							
	3	4	3																																																																																																							
3	4	3																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
2	3	2																																																																																																								
	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	3	3	2	3	4	3	3	4	3	3	4	3	2	3	2																																																																																										
3	3	2																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
2	3	2																																																																																																								
	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	3	3	2	3	4	3	3	4	3	3	4	3	2	3	2																																																																																										
3	3	2																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
3	4	3																																																																																																								
2	3	2																																																																																																								
XI	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> </table>	3	3	3	3	3	1	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	3	2	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	129	99																									
	2	3	3	2																																																																																																						
	3	4	4	3																																																																																																						
	3	4	4	3																																																																																																						
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
3	3	3	3	3	1																																																																																																					
3	4	4	4	3																																																																																																						
3	4	4	4	3																																																																																																						
3	4	4	4	3																																																																																																						
3	3	3	3	3																																																																																																						
2	3	3	3	2																																																																																																						
3	4	4	4	3																																																																																																						
3	4	4	4	3																																																																																																						
3	4	4	4	3																																																																																																						
3	3	3	3	2																																																																																																						
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	3	114	88																	
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	3	2	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	2	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>2</td></tr> </table>	2	3	2	3				3	3				1	3				1	2	3	2	4	79	55																	
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								
2	3	3	2																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
3	4	4	3																																																																																																							
2	3	3	2																																																																																																							
2	3	2																																																																																																								
3				3																																																																																																						
3				1																																																																																																						
3				1																																																																																																						
2	3	2																																																																																																								

**Поправочный коэффициент  $a$  на сечение кабеля**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Коэффициент для номера канала в блоке			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

Таблица 1.3.29.

**Допустимый длительный ток для неизолированных проводов по ГОСТ 839—80**

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Сечение (алюминий/сталь), мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов марок						
		АС, АСКС, АСК, АСКП		М	Аи АКП		М	Аи АКП
		вне помещений	внутри помещений	вне помещений		внутри помещений		
10	10/1,8	84	53	95	—	60	—	
16	16/2,7	111	79	133	105	102	75	
25	25/4,2	142	109	183	136	137	106	
35	35/6,2	175	135	223	170	173	130	
50	50/8	210	165	275	215	219	165	
70	70/11	265	210	337	265	268	210	
95	95/16	330	260	422	320	341	255	
120	120/19 120/27	390 375	313 —	485	375	395	300	

150	150/19 150/24 150/34	450 450 450	365 365 —	570	440	465	355
185	185/24 185/29 185/43	520 510 515	430 425 —	650	500	540	410
240	240/32 240/39 240/56	605 610 610	505 505 —	760	590	685	490
300	300/39 300/48 300/66	710 690 680	600 585 —	880	680	740	570
330	330/27	730	—	—	—	—	—
400	400/22 400/51 400/64	830 825 860	713 705 —	1050	815	895	690
500	500/27 500/64	960 945	830 815	—	980	—	820
600	600/72	1050	920	—	1100	—	955
700	700/86	1180	1040	—	—	—	—

## Допустимый длительный ток для шин круглого и трубчатого сечений

Диаметр Р мм	Круглые шины		Мелкие трубы		Алюминиевые трубы		Стальные трубы				
	Ток, А		Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Внутренний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Условный проход, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Переменный ток, А	
	мелкие	алюминиевые								без разре- за	с продоль- ным
6	155/155	120/120	12/15	340	13/16	295	8	2,8	13,5	75	—
7	195/195	150/150	14/18	460	17/20	345	10	2,8	17,0	90	—
8	235/235	180/180	16/20	505	18/22	425	15	3,2	21,3	118	—
10	320/320	245/245	18/22	555	27/30	500	20	3,2	26,8	145	—
12	415/415	320/320	20/24	600	26/30	575	25	4,0	33,5	180	—
14	505/505	390/390	22/26	650	25/30	640	32	4,0	42,3	220	—
15	565/565	435/435	25/30	830	36/40	765	40	4,0	48,0	255	—
16	610/615	475/475	29/34	925	35/40	850	50	4,5	60,0	320	—
18	720/725	560/560	35/40	1100	40/45	935	65	4,5	75,5	390	—
19	780/785	605/610	40/45	1200	45/50	1040	80	4,5	88,5	455	—
20	835/840	650/655	45/50	1330	50/55	1150	100	5,0	114	670	770
21	900/905	695/700	49/55	1580	54/60	1340	125	5,5	140	800	890

Диаметр, мм	Круглые шины		Медные трубы		Алюминиевые трубы		Стальные трубы				
	Мелкие алюминиевые	Ток, А	Внутрен- ний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Внутрен- ний и наружный диаметры, мм	Ток, А	Внешний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм	Переменный ток, А	
										без разреза	с проводя- щим разрезом
22	955/965	740/745	53/60	1860	64/70	1545	150	5,5	165	900	1000
25	1140/1165	885/900	62/70	2295	74/80	1770	—	—	—	—	—
27	1270/1290	980/1000	72/80	2610	72/80	2035	—	—	—	—	—
28	1325/1360	1025/1050	75/85	3070	75/85	2400	—	—	—	—	—
30	1450/1490	1120/1155	90/95	2460	90/95	1925	—	—	—	—	—
35	1770/1865	1370/1450	95/100	3060	90/100	2840	—	—	—	—	—
38	1960/2100	1510/1620	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	2080/2260	1610/1750	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42	2200/2430	1700/1870	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	2380/2670	1850/2060	—	—	—	—	—	—	—	—	—

• В числителе приведены нагрузки при переменном токе, в знаменателе — при постоянном

Таблица 1.3.31.

## Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

Размеры, мм	Медные шины					Алюминиевые шины				Стальные шины		
	Ток, А, при количестве полюсов на полюс или фазу										Размеры, мм	Ток*, А
	1	2	3	4	1	2	3	4				
15×3	210	—	—	—	165	—	—	—	—	—	16×2,5	55/70
20×3	275	—	—	—	215	—	—	—	—	—	20×2,5	60/90
25×3	340	—	—	—	265	—	—	—	—	—	25×2,5	75/110
30×4	475	—	—	—	365/370	—	—	—	—	—	20×3	65/100
40×4	625	—/1090	—	—	480	—	—	—	—	—	25×3	80/120
40×5	700/705	—/1250	—	—	540/545	—	—	—	—	—	30×3	95/140
50×5	860/870	1/525	—	—	665/670	—	—	—	—	—/1470	40×3	125/190
50×6	955/960	—/1700	—	—	740/745	—	—	—	—	—/1655	50×3	155/230
60×6	1125/1145	1740/1990	—	—	870/880	—	—	—	—	1350/1555	60×3	185/280
80×6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1150/1170	—	—	—	—	1630/2055	70×3	215/320
100×6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1425/1455	—	—	—	—	1935/2515	75×3	230/345
60×8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1025/1040	—	—	—	—	1680/1840	80×3	245/365
80×8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1320/1355	—	—	—	—	2040/2400	90×3	275/410
100×8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	1625/1690	—	—	—	—	2390/2945	100×3	305/460
120×8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	1900/2040	—	—	—	—	2650/3350	20×4	70/115

Размеры, мм	Медные шины					Алюминиевые шины				Стальные шины		
	Ток*, А, при количестве полюс на полюс или фазу										Размеры, мм	Ток*, А
	1	2	3	4	1	2	3	4	3	4		
60x10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1155/1180	2010/2110	2650/2720	—	22x4	75/125		
80x10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	1480/1540	2410/2735	3100/3440	—	25x4	85/140		
100x10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30x4	100/165		
120x10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40x4	130/220		
									50x4	165/270		
									60x4	195/325		
									70x4	225/375		
									80x4	260/430		
									90x4	290/480		
									100x4	325/535		

\*В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе — постоянного тока



**Допустимый длительный ток для неизолированных бронзовых и  
сталебронзовых проводов**

Провод	Марка провода	Ток*, А
Бронзовый	Б-50	215
	Б-70	265
	Б-95	330
	Б-120	380
	Б-150	430
	Б-185	500
	Б-240	600
	Б-300	700
Сталебронзовый	БС-185	515
	БС-240	640
	БС-300	750
	БС-400	890
	БС-500	980

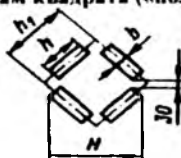
\*Токи даны для бронзы с удельным сопротивлением  
 $\rho_{20} = 0,03 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

**Допустимый длительный ток для неизолированных стальных  
проводов**

Марка провода	Ток, А	Марка провода	Ток, А
ПСО-3	23	ПС-25	60
ПСО-3,5	26	ПС-35	75
ПСО-4	30	ПС-50	90
ПСО-5	35	ПС-70	125
		ПС-95	135

Таблица 1.3.34.

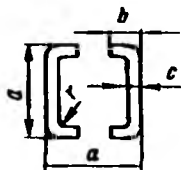
Допустимый длительный ток для четырехполосных шин с расположением полос по сторонам квадрата («полный пакет»)



Размеры, мм				Поперечное сечение четырехполосной шины, мм <sup>2</sup>	Ток, А, на пакет шин	
<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i> <sub>1</sub>	<i>H</i>		медных	алюминиевых
80	8	140	157	2560	5750	4550
80	10	144	160	3200	6400	5100
100	8	160	185	3200	7000	5550
100	10	164	188	4000	7700	6200
120	10	184	216	4800	9050	7300

Таблица 1.3.35.

Допустимый длительный ток для шин коробчатого сечения



Размеры, мм				Поперечное сечение четырехполосной шины, мм <sup>2</sup>	Ток, А, на две шины	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>r</i>		медных	алюминиевых
75	35	4	6	520	2730	—
75	35	5,5	6	695	3250	2670
100	45	4,5	8	775	3620	2820
100	45	6	8	1010	4300	3500
125	55	6,5	10	1370	5500	4640
150	65	7	10	1785	7000	5650
175	80	8	12	2440	8550	6430
200	90	10	14	3435	9900	7550
200	90	12	16	4040	10500	8830
225	105	12,5	16	4880	12500	10300
250	115	12,5	16	5450	—	10800

## Экономическая плотность тока

Проводники	Экономическая плотность тока, А/мм <sup>2</sup> , при числе часов использования максимума нагрузки в год		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	Более 5000
Неизолированные провода и шины: медные алюминиевые	2,5	2,1	1,8
	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	3,0	2,5	2,0
	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	3,5	3,1	2,7
	1,9	1,7	1,6

Приложение № 2  
к Правилам устройства  
электроустановок

Таблица 1.6.1.

**Классы точности средств измерений**

Класс точности прибора	Класс точности шунта, добавочного резистора	Класс точности измерительного преобразователя	Класс точности измерительного трансформатора
1,0	0,5	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5*	0,5*
2,0	0,5	1,0	1,0* **

\* Допускается 1,0

\*\* Допускается 3,0

Рекомендации по расстановке автоматических регистраторов на объектах энергосистем

Напряжение распределительного устройства, кВ	Схема распределительного устройства	Количество линий, подключенных к секции (системе шин) распределительного устройства	Количество устанавливаемых регистраторов
500	—(—	Одна или две	Один для каждой линии (без записи предаварийного режима)
500	—(—	Три или более	Один для каждой линии (предпочтительно хотя бы на одной из линий с записью предаварийного режима)
220	С секциями или системами шин	Одна или две на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для двух секций или рабочих систем шин (без записи предаварийного режима)
220	То же	Три или четыре на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предаварийного режима)
220	—(—	Пять или более на каждую секцию или рабочую систему шин	Один-два для каждой секции или рабочей системы шин с одним пусковым устройством (без записи предаварийного режима)
220	Полуторная или многоугольная	Три или более	Один для трех-четырех линий или для каждой системы шин (без записи предаварийного режима)
220	Без выключателей 220 кВ или с одним выключателем	Одна или две	Не устанавливается

Напряжение распределительного устройства, кВ	Схема распределительного устройства	Количество линий, подключенных к секции (системе шин) распределительного устройства	Количество устанавливаемых регистраторов
220	Треугольник, четырехугольник, мостик	То же	Допускается установка одного регистратора, если на противоположных концах линий 220 кВ нет регистраторов
110	С секциями или системами шин	Одна — три на каждую секцию или систему шин	Один для двух секций или рабочих систем шин (без записи предаварийного режима)
110	С секциями или системами шин	Четыре — шесть на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предаварийного режима)
110	С секциями или системами шин	Семь или более на каждую секцию или рабочую систему шин	Один для каждой секции или рабочей системы шин. Допускается установка двух регистраторов для каждой секции или рабочей системы шин (без записи предаварийного режима)
110	Без выключателей на стороне 110 кВ, мостик, треугольник, четырехугольник	Одна или две	Не устанавливается

## Рекомендации по выбору регистрируемых электрических параметров

Напряжение распределительного устройства, кВ	Параметры, рекомендуемые для регистрации
500	Фазные напряжения трех фаз линий. Напряжение и ток нулевой последовательности линий. Токи двух или трех фаз линий. Ток усилителя мощности, ток приема высокочастотного приемопередатчика и положение контактов выходного промежуточного реле высокочастотной защиты
220,110	Фазные напряжения и напряжение нулевой последовательности секции или рабочей системы шин. Токи нулевой последовательности линий, присоединенных к секции или рабочей системе шин. Фазные токи (двух или трех фаз) наиболее ответственных линий. Токи приема высокочастотных приемопередатчиков дифференциально-фазных защит межсистемных линий электропередачи

Таблица 1.7.1.

**Наименьшие размеры заземляющих и нулевых  
защитных проводников**

Наименование	Медь	Алюминий	Сталь		
			в зданиях	в наружных установках	В земле
Неизолированные проводники: сечение, мм <sup>2</sup> диаметр, мм	4 -	6 -	- 5	- 6	- 10
Изолированные провода: сечение, мм <sup>2</sup>	1,5*	2,5	—	—	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами. сечение, мм <sup>2</sup>	1	2,5	—	—	—
Угловая сталь: толщина полки, мм	—	—	2	2,5	4
Полосовая сталь: сечение, мм <sup>2</sup> толщина, мм	— —	— —	24 3	48 4	48 4
Водогазопроводные трубы (стальные): толщина стенки, мм	—	—	2,5	2,5	3,5
Тонкостенные трубы (стальные): толщина стенки, мм	—	—	1,5	2,5	Не допускается

\*При прокладке проводов в трубах сечение нулевых защитных проводников допускается применять равным 1 мм<sup>2</sup>, если фазные проводники имеют то же сечение.



Таблица 1.8.1.

**Допустимое сопротивление изоляции**

Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, кВ	Сопротивление изоляции
Обмотка статора напряжением до 1000 В (каждая фаза в отдельности относительно корпуса и других заземленных фаз)	1	Не менее 0,5 МОм при температуре 10—30°C
То же напряжением выше 1000 В	2,5	Должно соответствовать требованиям, приведенным в разд. 3 «Электрические машины» КМК 3.05.06 — 97 У генераторов с водяным охлаждением обмоток сопротивление изоляции измеряется без воды в обмотке статора присоединенных с экраном мегаомметра водосборных коллекторах, изолированных от внешней системы охлаждения
Обмотка ротора	1 (допускается 0,5)	Не менее 0,5 МОм при температуре 10—30°C. Допускается ввод в эксплуатацию неявнополюсных роторов, имеющих сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре + 75 °С или 20 кОм при +20 °С
Подшипники генератора и сопряженного с ним возбуждателя	1	Сопротивление изоляции, измеренное относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах, должно быть не менее 0,3 МОм для гидрогенератора и не менее 1 МОм для турбогенератора. Для гидрогенератора измерение производится, если позволяет конструкция генератора
Водородные уплотнения вала	1	Не менее 1 Мом
Щиты вентиляторов турбогенераторов серии ТВВ	1	Сопротивление изоляции, измеренное относительно внутреннего щита и между полшитами вентиляторов, должно быть не менее 0,5 Мом
Щиты вентиляторов турбогенераторов серии ПВ	1	Сопротивление изоляции, измеренное между частями диффузоров, должно быть не менее 1 Мом

Доступные изолированные стяжные болты стали статора	1	Не менее 1 Мом
Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, кВ	Сопротивление изоляции
Диффузор и обтекатель у турбогенераторов серии ТТВ	0,5	Сопротивление изоляции, измеренное между уплотнением и задним диском диффузора, диффузором и внутренним щитом, обтекателем и внутренним щитом, двумя половинками обкателя, должно быть не менее 1 Мом
Термоиндикаторы генераторов и синхронных компенсаторов: с косвенным охлаждением обмоток статора  с непосредственным охлаждением обмоток статора	0,25  0,5	Сопротивление изоляции, измеренное совместно с сопротивлением соединительных проводов, должно быть не менее 1 Мом Сопротивление изоляции, измеренное совместно с сопротивлением соединительных проводов, должно быть не менее 0,5 Мом
Цепи возбуждения генератора и возбuditеля (без обмоток ротора и электрического возбuditеля)	1 (допускается 0,5)	Сопротивление изоляции, измеренное с сопротивлением всей присоединенной аппаратуры, должно быть не менее 1 Мом

Таблица 1.8.2.

**Испытательное выпрямленное напряжение для обмоток статоров синхронных генераторов и компенсаторов**

Мощность генератора, МВт, компенсатора, МВ А	Номинальное напряжение, кВ	Амплитудное испытательное напряжение, кВ
Менее 1	Все напряжения	$2,4U_{ном} + 1,2$
1 и более	До 3,3	$2,4U_{ном} + 1,2$
	Выше 3,3 до 6,6	$3U_{ном}$
	Выше 6,6	$2,4U_{ном} + 3,6$

**Испытательное напряжение промышленной частоты для обмоток синхронных генераторов и компенсаторов**

Испытуемый объект	Характеристика электрической машины	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка статора синхронного генератора и компенсатора	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$ , но не менее 1,2
	Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$1,6U_{ном} + 0,8$
	То же, но номинальное напряжение выше 3,3 кВ до 6,6 кВ	$2U_{ном}$
Цепи возбуждения генератора со всей присоединенной аппаратурой (без обмоток ротора и возбуждителя)	—	1
Реостат возбуждения	—	1
Резистор гашения поля	—	2
Заземляющий резистор	—	$1,5U_{ном}$ генератора
Обмотка статора синхронных генераторов, у которых стыковка частей статора производится на месте монтажа (гидрогенераторы) по окончании полной сборки обмотки и изолировки соединений  OO	Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$1,6U_{ном} + 2,4$
	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$2U_{ном} + 1$ , но не менее 1,5
	Мощность более 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$2U_{ном} + 1$
	Мощность более 1 МВт, но номинальное напряжение выше 3,3 кВ до 6,6 кВ	$2,5U_{ном}$
	То же, но номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$2U_{ном} + 3$
Обмотка явнополюсного ротора	—	$7,5U_{ном}$ возбуждения генератора, но не менее 1,1 и не более 2,8
Обмотка неявнополюсного ротора	—	1 (в том случае, если это не противоречит требованиям технических условий завода-изготовителя)

Таблица 1.8.4.

**Допустимое отклонение сопротивления постоянному току**

Испытуемый объект	Норма
Обмотка статора (измерение производить для каждой фазы или ветви в отдельности)	Измеренные сопротивления в практически холодном состоянии обмоток различных фаз не должны отличаться одно от другого более чем на 2%. Вследствие конструктивных особенностей (большая длина соединительных дуг и пр.) расхождение между сопротивлениями ветвей у некоторых типов генераторов может достигать 5%
Обмотка ротора	Измеренное сопротивление обмоток не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 2%. У явнополюсных роторов измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно
Резистор гашения поля, реостаты возбуждения	Сопротивление не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 10%

Таблица 1.8.5.

**Наибольшая допустимая вибрация подшипников (крестовины) синхронных генераторов, компенсаторов и их возбудителей**

Номинальная частота вращения Ротора, мин <sup>-1</sup>	3000*	1500 500**	375—214	187	До 100
Вибрация, мкм	40	70	100	150	180

\* Для генераторов блоков мощностью до 150 МВт и более вибрация не должна превышать 30 мкм.

\*\* Для синхронных компенсаторов с частотой вращения ротора 750 - 1000 мин<sup>-1</sup> вибрация не должна превышать 80 мкм

Таблица 1.8.6.

**Испытательное напряжение промышленной частоты для изоляции машин постоянного тока**

Испытуемый объект	Характеристика электрической машины	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка машины постоянного тока (кроме возбудителя синхронной машины)	Номинальное напряжение до 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$ , но не менее 1,2
	Мощность выше 1 МВт, номи-нальное напряжение выше 100 В	$1,6U_{ном} + 0,8$
Обмотки возбудителя синхронного генератора	—	$8 U_{ном}$ , но не менее 1,2 и не более 2,8
Обмотки возбудителя синхронного двигателя (синхронного компенсатора)	—	$8 U_{ном}$ , но не менее 1,2
Бандажи якоря	—	1
Реостаты и пускорегулировочные резисторы (испытание может проводиться совместно с цепями возбуждения)		1

## Характеристика искрения коллектора

Степень искрения	Характеристика степени искрения	Состояние коллектора и щеток
1	Отсутствие искрения	Отсутствие почернения на коллекторе и нагара на щетках
1,25	Слабое точечное искрение под небольшой частью щетки	То же
1,5	Слабое искрение под большей частью щетки	Появление следов почернения на коллекторе, легко устранимых при протирании поверхности коллекторов бензином, а также появление следов нагара на щетках
2	Искрение под всем краем щетки появляется только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузки	Появление следов почернения на коллекторе, не устранимых при протирании поверхности коллектора бензином, а также появление следов нагара на щетках
3	Значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого (без реостатных ступеней) включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы	Значительное почернение на коллекторе, не устранимое протиранием поверхности коллектора бензином, а также подгар и разрушение щеток

Таблица 1.8.8

## Допустимое сопротивление изоляции электродвигателей переменного тока

Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, кВ	Сопротивление изоляции
Обмотка статора напряжением до 1000 В	1	Не менее 0,5 МОм при температуре 10—30 °С
Обмотка ротора синхронного электродвигателя и электродвигателя с фазным ротором	0,5	Не менее 0,2 МОм при температуре 10—30 °С (допускается не ниже 2 кОм при +75 °С или 20 кОм при +20 °С для неявнополюсных роторов)
Термоиндикатор	0,25	Не нормируется
Подшипники синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ	1	Не нормируется (измерение производится относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах)

### Испытательное напряжение промышленной частоты для электродвигателей переменного тока

Испытуемый объект	Характеристика электродвигателя	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка статора	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 1000 В	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 3,3 до 6,6 кВ	$2U_{ном}$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$1,6U_{ном} + 2,4$
Обмотка ротора синхронного электродвигателя		$8U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1,2
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором		1
Резистор и пускореостудвируемый резистор		1
Резистор гашения поля синхронного электродвигателя		2

Таблица 1.8.10.

### Наибольший допустимый зазор в подшипниках скольжения электродвигателей

Номинальный диаметр вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, Гц		
	Менее 16,7	16,7—25	Более 25
18—30	0,040—0,093	0,060—0,130	0,140—0,280
30—50	0,050—0,112	0,075—0,160	0,170—0,340
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,200—0,400
80—120	0,080—0,160	0,1—0,235	0,230—0,460
120—180	0,100—0,195	0,150—0,285	0,260—0,580
180—260	0,120—0,225	0,180—0,300	0,300—0,600
260—360	0,140—0,250	0,210—0,380	0,340—0,680
360—500	0,170—0,305	0,250—0,440	0,380—0,760

**Испытательное напряжение промышленной частоты внутренней изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов и реакторов с нормальной изоляцией и трансформаторов с облегченной изоляцией (сухих и маслонаполненных)**

Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции		Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции	
	нормальной	облегченной		нормальной	облегченной
До 0,69	4,5	2,7	35	76,5	—
3	16,2	9	110	180	—
6	22,5	15,4	150	207	—
10	31,5	21,6	220	292,5	—
15	40,5	33,3	330	414	—
20	49,5	—	500	612	—

Таблица 1.8.12.

**Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока**

Наименование испытуемого объекта	Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при номинальном напряжении, кВ		
	110	150—220	500
Маслонаполненные трансформаторы тока (основная изоляция)	2,0	1,5	1,0
Измерительный конденсатор (изоляция между предпоследней и последней обкладками)	—	—	—
Наружный слой первичной обмотки (изоляция последней обкладки относительно корпуса)	—	—	—

Таблица 1.8.13.

**Испытательное напряжение промышленной частоты для измерительных трансформаторов**

Исполнение изоляции измерительного трансформатора	Испытательное напряжение, кВ, при номинальном напряжении, кВ					
	3	6	10	15	20	35
Нормальная	21,6	28,8	37,8	49,5	58,5	85,5
Ослабленная	9	14	22	33	—	—

**Испытательное напряжение промышленной частоты  
для внешней изоляции аппаратов**

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, для аппаратов с изоляцией			
	нормальной керамической	Нормальной из органических материалов	облегченной керамической	облегченной из органических материалов
3	24	21,6	13	11,7
6	32	28,8	21	18,9
10	42	37,8	32	28,8
15	55	49,5	48	43,2
20	65	58,5	—	—
35	95	85,5	—	—

Таблица 1.8.15.

**Наименьшее допустимое сопротивление опорной изоляции и изоляции подвижных частей воздушных выключателей**

Испытуемый объект	Сопротивление изоляции, МОм, при номинальном напряжении выключателя, кВ		
	до 15	20 35	110 и выше
Степной изолятор воздушного типа (выполнен из фарфора или фарфора)	1000	5000	5000
Типы изоляторов из органических материалов		3000	—

Таблица 1.8.16.

**Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактов воздушных выключателей на номинальный ток 2 кА**

Тип выключателя	Номинальное напряжение, кВ	Сопротивление контактов, мкОм				
		всего контура полюса	гасительной камеры	одного элемента гасительной камеры	ножа (отделителя)	одного элемента отделителя
ВВН-110-6	110	120	40	20	40	20
ВВН-154-8	150	160	60	20	60	20
ВВН-220-10	220	200	80	20	80	20
ВВ-500-2000/25	500	500*	—	18	—	18
ВВН-35-2	35	60	—	—	—	—

\*Для выключателей с воздушнонаполненным отделителем производятся измерения переходных сопротивлений контактов соединения:

— шины, соединяющей гасительную камеру с отделителем (не должно превышать 50 мкОм);



— шины, соединяющей две половины отделителя (не должно превышать 80 мкОм);  
 перехода с аппаратного вывода отделителя на шину, соединяющую фланцы отделителей (не должно превышать 10 мкОм).

Таблица 1.8.17

**Сопротивление постоянному току обмоток электромагнитов воздушных выключателей**

Тип выключателя	Соединение электромагнитов трех фаз	Напряжение, В	Сопротивление обмотки, Ом
ВВН-110-6, ВВН-154-8, ВВН-220-10, ВВ-330Б, ВВ-500, ВВМ-500М	Разделительное или параллельное (электромагниты с форсировкой)	220	1-я обмотка: $10 \pm 1,5$ ; 2-я обмотка: $45 \pm 2,0$ ; обе обмотки: $55 \pm 3,5$ ;
		110	1-я обмотка: $24 \pm 0,05$ ; 2-я обмотка: $11,3 \pm 0,55$ ; обе обмотки: $13,7 \pm 0,55$

Таблица 1.8.18.

**Количество операций при испытаниях воздушных выключателей многократными опробованиями**

Наименование операций или цикла	Давление опробования выключателя	Количество выполняемых операций и циклов
Включение и отключение	Минимальное давление срабатывания	3
	Минимальное рабочее давление	3
	Номинальное	3
	Максимальное рабочее	2
Цикл В — О	Минимальное срабатывание	2
	Минимальное рабочее*	2
	Максимальное рабочее*	2
Цикл О — В (АПВ успешное)	Минимальное для АПВ	2
	Номинальное*	2
Цикл 0 — В — 0 (АПВ неуспешное)	Минимальное для АПВ	2
	Максимальное рабочее	2

\* Должны сниматься осциллограммы работы выключателей.

### Нормы характеристик вакуумных выключателей серии ВВ

Характеристика	Норма характеристики выключателя				
	ВВЭ-10 ВВЭ-М-10- 20; 31,5; 40 кА, г.Ровно	ВВ-10-20; 31,5; 40 кА	ВВЭ-М-10- 20 г.Минусинск	ВВЧ-СЭ-10 ВВЧ-СП- 10,20 кА	ВВТЭ-10,5 кА
1 Собственное время отключения, с, не более	0,055	0,055	0,02	0,02	0,018
2 Собственное время включения, с, не более для 20 кА, 630-1600 А 31,5 кА, 630-3150 А 40 кА, 1600-3150 А	0,3 0,3 0,22	0,01 0,075 0,075	0,1	0,1	0,1
3 Ход подвижных контактов ПДК, мм для 20 кА, 630-1600 А 31,5 кА, 630-1600 А 40 кА, 1600 А	8+2 10-1 10-1	8+2	8+1	8+1	8+1
4 Ход пружины механизма подвижных контактов ПДК, мм	6+1	6+1			
5 Полный ход ионационный гит, мм			15-2	15-2	15-2
6 Радиус закругления в радиусе подвижных контактов ПДК трех контактов при высоте 10 мм, не более, мм	1,7	1,7			
7 Радиус закругления подвижных контактов при высоте трех подвижных, не более, мм	1	1			
8 Сопротивление токоведущего контура полюса между выводами (с ригельками/ без розеток) не более, мкОм: для 20 кА, 630 А 1000 А 1250, 1600 А 31,5 кА, 630, 1000 А 1600 А 2000, 3150 А 40 кА, 1600 А 2000, 3150 А	75/51 75/51 65/45 70/50 65/45 20/15 56/40 20/15	75/51 75/51 65/45 70/50 65/45 20/15 20/15	80/50 75/45 45/25	85 65	100

9 Усилие пружин поджатия контактов ВДК не менее, кгс 20 кА, 630-1600 А 31,5 кА, 630-1600 А 2000, 3150 А 40 кА, 1600-3150 А	190 360 268 505	190 390 268 505	180		
10. Электрическое сопротивление катушек, Ом:					
1) включения постоянного тока 110 В для 20, 31,5 кА/ 630-1600А 31,5 кА/ 2000-3150 А 40 кА/ 1600-3150 А	0,72 ± 0,03	36,4 ± 3,64	0,91 ± 5%		
220 В для 20, 31,5кА/ 630-1600 А 31,5 кА/ 2000-3150 А	2,5 ± 0,12 1,9 ± 0,1	155 ± 15,5	3 ± 5%	3 ± 5%	3 ± 5%
2) отключения постоянного тока					
110 В	43 ± 4,3	36,4 ± 3,64			
220 В	172 ± 17,2	155 ± 15,5			
3) включения и отключения постоянного тока					
127 В		13,8 ± 1,38			
220 В		172 ± 17,2			
11 Ток потребления электромагнитов, не более, А					
1) включения при постоянном напряжении 110 В для					
630-1600 А	110	5	100		
2000-3150 А	135	5			
220 В для 630-1600 А	55	2,5	60	60	60
2000-3150 А	70	2,5			
2) отключения при постоянном напряжении					
110 В	2,6	5	5		
220 В	1,3	2,5	2,5	5	
3) включения и отключения, отключения независимого питания при переменном напряжении					
127 В	8				
220 В	4				

12 Емкость конденсатора для срабатывания отключающего электромагнита, не менее, мкФ				144	144
13 Пределы напряжения на обмотках электромагнитов, % $U_{ном}$ :					
1) включающего	85-110	85-110	85-110	85-110	85-110
2) отключающего					
Постоянного тока	70-110	70-110	70-120	85-110	85-110
Переменного тока		65-120			
14 Износ контактов вакуумной дугогасительной камеры, не более, мм:					
на 20, 31,5 кА/ 630-1600 А	3	3	3	3	3
1	2	3	4	5	6
40 кА/ 1600 А; 31,5 кА/2000, 3150 А	4	4	4		
14 Средняя скорость подвижных контактов, м/с:					
- при отключении на расстоянии 6 мм от момента замыкания контактов,			1,1-1,6	1,1-1,6	1,1-1,6
при включении на расстоянии 4 мм от момента замыкания контактов			0,5-1,1	0,5-1,1	0,5-1,1
16 Зазор между рычагом и штоком, мм	1 ... 4	1 ... 4			
17 Подключающий момент на валу выключателя,		кг м			
для 11,5 кА/ 2000, 3150 А	34-3	21-3			
20 кА/ 630-1600 А	23-2	13-2			
31,5 кА/630-1600 А	29-3	18-3			
40 кА/ 1600 А	37-3				
40 кА/ 2000, 3150 А	40-3	28-3			
18 Зазор между роликом вала и болтом пневматического буфера, мм			0,2 ... 1,5	0,2 ... 1	0,2 ... 1
19.Время заводки включающих пружин привода при минимальном напряжении электродвигателя, не более, с	15				
20 Регулировочные зазоры и установочные размеры выключателя и привода	Согласно указанным инструкциями завода- изготовителя				

Таблица 1.8.20.

**Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току  
контактной системы разъединителей и отделителей**

Тип разъединителя (отделителя)	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Сопротивление, мкОм
РОФЗ	400—500	2000	200
РЛН	110—220	600	220
Остальные типы	110—500	600	175
		1000	120
		1500 - 2000	50

Таблица 1.8.21

**Нормы вытягивающих усилий подвижных контактов  
из неподвижных (для одного ножа) для разъединителей  
и отделителей**

Тип аппарата	Номинальный ток, А	Усилие, Н (кгс)
<i>Разъединители</i>		
РВК-10	3000; 4000; 5000	490—540 (50—55)
РВК-20	5000; 6000	490—540 (50—55)
	7000	830—850 (85—87)
РВ(З)-20	400	118—157(12—16)
РВ(З)-35	600	137—176 (14—18)
	1000	176—225 (18—23)
	1000	157—176 (16—18)
РЛНД-110	600	157—176 (16—18)
	1000	176—196 (18—20)
<i>Отделители</i>		
ОД-НОМ; ОД-150М	600	157—176 (16—18)
ОД-220М	1000	176—196(18—20)

Таблица 1.8.22.

**Наибольшее допустимое время отключения отделителей и включения  
короткозамыкателей**

Тип аппарата	Время отключения, не более, с	Тип аппарата	Время отключения, не более, с
<i>Отделители</i>		<i>Короткозамыкатели</i>	
ОД-35	0,5	КЗ-35	0,4
ОД-110	0,7—0,9	КЗ-110	0,4
ОД-110М	0,5	КЗ-110М	0,35
ОД-150	1,0	КЗ-220, КЗ-150	0,5
ОД-150М	0,7	КЗ-150М	0,4
ОД-220	1,0	КЗ-220М	0,4
ОД-220М	0,7		

### Испытательное напряжение промышленной частоты для электродвигателей переменного тока

Испытуемый объект	Характеристика электродвигателя	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка статора	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 1000 В	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$1,6U_{ном} + 0,8$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 3,3 до 6,6 кВ	$2U_{ном}$
	Мощность выше 1 МВт, номинальное напряжение выше 6,6 кВ	$1,6U_{ном} + 2,4$
Обмотка ротора синхронного электродвигателя		$8 U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1,2
Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором		1
Резист и пускорегулировочный резистор		1
Резистор питания поля синхронного электродвигателя		2

Таблица 1.8.10.

### Наибольший допустимый зазор в подшипниках скольжения электродвигателей

Номинальный диаметр вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, Гц		
	Менее 16,7	16,7—25	Более 25
18—30	0,040—0,093	0,060—0,130	0,140—0,280
30—50	0,050—0,112	0,075—0,160	0,170—0,340
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,200—0,400
80—120	0,080—0,160	0,1—0,235	0,230—0,460
120—180	0,100—0,195	0,150—0,285	0,260—0,580
180—260	0,120—0,225	0,180—0,300	0,300—0,600
260—360	0,140—0,250	0,210—0,380	0,340—0,680
360—500	0,170—0,305	0,250—0,440	0,380—0,760

Таблица 1.8.11

**Испытательное напряжение промышленной частоты внутренней изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов и реакторов с нормальной изоляцией и трансформаторов с облегченной изоляцией (сухих и маслонаполненных)**

Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции		Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции	
	нормальной	облегченной		нормальной	облегченной
До 0,69	4,5	2,7	35	76,5	—
3	16,2	9	110	180	—
6	22,5	15,4	150	207	—
10	31,5	21,6	220	292,5	—
15	40,5	33,3	330	414	—
20	49,5	—	500	612	—

Таблица 1.8.12.

**Наибольший допустимый тангенс угла диэлектрических потерь изоляции трансформаторов тока**

Наименование испытуемого объекта	Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при номинальном напряжении, кВ		
	110	150 — 220	500
Маслонаполненные трансформаторы тока (основная изоляция)	2,0	1,5	1,0
Измерительный конденсатор (изоляция между предпоследней и последней обкладками)	—	—	—
Наружный слой первичной обмотки (изоляция последней обкладки относительно корпуса)	—	—	—

Таблица 1.8.13.

**Испытательное напряжение промышленной частоты для измерительных трансформаторов**

Исполнение изоляции измерительного трансформатора	Испытательное напряжение, кВ, при номинальном напряжении, кВ					
	3	6	10	15	20	35
Нормальная	21,6	28,8	37,8	49,5	58,5	85,5
Ослабленная	9	14	22	33	—	—

**Испытательное напряжение промышленной частоты  
для внешней изоляции аппаратов**

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, для аппаратов с изоляцией			
	нормальной керамической	Нормальной из органических материалов	облегченной керамической	облегченной из органических материалов
3	24	21,6	13	11,7
6	32	28,8	21	18,9
10	42	37,8	32	28,8
15	55	49,5	48	43,2
20	65	58,5	—	—
35	95	85,5	—	—

Таблица 1.8.15.

**Наименьшее допустимое сопротивление опорной изоляции и изоляции  
подвижных частей воздушных выключателей**

Испытуемый объект	Сопротивление изоляции, МОм, при номинальном напряжении выключателя, кВ		
	До 15	20—35	110 и выше
Стержневые изоляторы, воздухопровод и троса (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора	1000	5000	5000
Тросы, изготовленные из органических материалов		3000	

Таблица 1.8.16.

**Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактов  
воздушных выключателей на номинальный ток 2 кА**

Тип выключателя	Номинальное напряжение, кВ	Сопротивление контактов, мкОм				
		всего контура полюса	гаситель- ной камеры	одного элемента гасительной камеры	ножа (отдели- теля)	одного элемента отделителя
ВВН-110-6	110	120	40	20	40	20
ВВН-154-8	150	160	60	20	60	20
ВВН-220-10	220	200	80	20	80	20
ВВ-500-2000/25	500	500*	—	18	—	18
ВВИ-35-2	35	60	—	—	—	—

\*Для выключателей с воздушнонаполненным отделителем производятся измерения переходных сопротивлений контактов соединения:

— шины, соединяющей гасительную камеру с отделителем (не должно превышать 50 мкОм);



— шины, соединяющей две половины отделителя (не должно превышать 80 мкОм);  
 перехода с аппаратного вывода отделителя на шину, соединяющую фланцы отделителей (не должно превышать 10 мкОм).

Таблица 1.8.17

**Сопротивление постоянному току обмоток электромагнитов воздушных выключателей**

Тип выключателя	Соединение электромагнитов трех фаз	Напряжение, В	Сопротивление обмотки, Ом
ВВН-110-6, ВВН-154-8, ВВН-220-10, ВВ-330Б, ВВ-500, ВВМ-500М	Разделительное или параллельное (электромагниты с форсировкой)	220	1-я обмотка: $10 \pm 1,5$ , 2-я обмотка: $45 \pm 2,0$ ;
		110	обе обмотки: $55 \pm 3,5$ ; 1-я обмотка: $24 + 0,05$ ; 2-я обмотка: $11,3 \pm 0,55$ ; обе обмотки: $13,7 \pm 0,55$

Таблица 1.8.18

**Количество операций при испытаниях воздушных выключателей многократными опробованиями**

Наименование операций или цикла	Давление опробования выключателя	Количество выполняемых операций и циклов
Включение и отключение	Минимальное давление срабатывания	3
	Минимальное рабочее давление	3
	Номинальное	3
	Максимальное рабочее	2
Цикл В—О	Минимальное срабатывание	2
	Минимальное рабочее*	2
	Максимальное рабочее*	2
Цикл О—В (АПВ успешное)	Минимальное для АПВ	2
	Номинальное*	2
Цикл 0—В—0 (АПВ неуспешное)	Минимальное для АПВ	2
	Максимальное рабочее	2

\* Должны сниматься осциллограммы работы выключателей.

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 12.10.2005 г. № 20-15-206/22)**

**Утверждены  
приказом инспекции «Узгосэнергонадзор»  
от 19 сентября 2005 г.  
№ 177**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел II**

## Раздел II. Канализация электроэнергии

### Глава 2.1. Электропроводки

#### Область применения, определения

2.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1000 В переменного и постоянного тока, выполняемые внутри зданий и сооружений, на наружных их стенах, территориях предприятий, учреждений, микрорайонов, офисов, дворов, приусадебных участков, на строительных площадках с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до  $16 \text{ мм}^2$  (при сечении более  $16 \text{ мм}^2$  - Глава. 2.3. настоящих Правил).

Линии, выполняемые неизолированными проводами внутри помещений, должны отвечать требованиям, приведенным в Главе 2.2 настоящих Правил, вне зданий - в Главе 2.4. настоящих Правил.

Ответвления от ВЛ к вводам (пункты 2.1.6. и 2.4.2 настоящих Правил), выполняемые с применением изолированных или неизолированных проводов, должны сооружаться с соблюдением требований Главы 2.4, а ответвления, выполняемые с применением проводов (кабелей) на несущем тросе, - в соответствии с требованиями настоящей главы.

Кабельные линии, проложенные непосредственно в земле, должны отвечать требованиям, приведенным в Главе 2.3. настоящих Правил.

Дополнительные требования к электропроводам приведены в Главе 1.5 Правил устройства электроустановок (далее - ПУЭ) Раздел I; в Главе 3.4 ПУЭ Раздел III, в Главах 5.4, 5.5 ПУЭ Раздел V и в ПУЭ Раздел VII.

2.1.2. **Электропроводкой** называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с настоящими Правилами.

2.1.3. **Кабель, шнур, провод защищенный и незащищенный, кабель и провод специальный** - определения по государственным стандартам.

2.1.4. Электропроводки разделяются на следующие виды:

1. **Открытая электропроводка** - проложенная по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.п.

При открытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: непосредственно по поверхности стен, потолков и т.п., на струнах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т.п.

Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

**2. Скрытая электропроводка** - проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т.п.

При скрытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

**2.1.5. Наружной электропроводкой** называется электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т.п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.п. Наружная электропроводка может быть открытой и скрытой.

**2.1.6. Вводом от воздушной линии электропередачи** называется электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства.

**2.1.7. Струной как несущим элементом электропроводки** называется стальная проволока, натянутая вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

**2.1.8. Полосой как несущим элементом электропроводки** называется металлическая полоса, закрепленная вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

**2.1.9. Тросом как несущим элементом электропроводки** называется стальная проволока или стальной канат, натянутые в воздухе, предназначенные для подвески к ним проводов, кабелей или их пучков.

**2.1.10. Коробом** называется закрытая полая конструкция прямоугольного или другого сечения, предназначенная для прокладки в ней проводов и кабелей. Короб должен служить защитой от механических повреждений, проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба должны иметь только сплошные стенки со всех сторон и не иметь крышек.

Короба могут применяться в помещениях и наружных установках.

**2.1.11. Лотком** называется открытая конструкция, предназначенная для прокладки на ней проводов и кабелей.

Лоток не является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки должны изготавливаться из негорючих материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми. Лотки могут применяться в помещениях и наружных установках.

## Наименьшее допустимое сопротивление изоляции аппаратов, вторичных цепей и электропроводки до 1000 В

Испытуемый объект	Напряжение мегаомметра, В	Сопротивление и изоляции, МОм	Примечание
Вторичные цепи управления, защиты, измерения, сигнализации и т. п. в электроустановках напряжением выше 1000 В	500—1000	10	Испытания производятся при отсоединенных цепях
шины оперативного тока и шины цепей напряжения на щите управления	500—1000	1	Испытания производятся со всеми присоединенными аппаратами (обмотки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.)
каждое присоединение вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей	500—1000	0,5	Испытания производятся со всеми присоединенными аппаратами (магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы и т. п.)
Вторичные цепи управления, защиты, сигнализации в релейно-контакторных схемах установок напряжением до 1000 В	По данным завода-изготовителя		
Цепи бесконтактных схем системы регулирования и управления, а также присоединенные к ним элементы	500—1000	1	
Цепи управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока напряжением до 1000 В, присоединенных к цепям главного тока	1000	0,5	Испытания в осветительных проводках производятся до вворачивания ламп с присоединением нулевого провода к корпусу светильника. Изоляция измеряется между проводами и относительно земли
Силовые и осветительные электропроводки	500—1000	0,5	Испытания производятся для каждой секции распределительного устройства

**Испытание контакторов и автоматических выключателей  
многократными включениями и отключениями**

Операция	Напряжение оперативного тока, % номинального	Количество операций
Включение	90	5
Включение и отключение	100	5
Отключение	80	10

Таблица 1.8.41.

**Напряжение оперативного тока, при котором должно обеспечиваться  
нормальное функционирование схем**

Испытуемый объект	Напряжение оперативного тока, % номинального	Примечание
Схемы защиты в сигнализации в установках напряжением выше 1000 В	80, 100	—
Схемы управления в установках напряжением выше 1000 В: испытание на включение то же, но на отключение	90, 100 80, 100	— —
Релейно-контакторные схемы в установках напряжением до 1000 В	90, 100	Для простых схем кнопка — магнитный пускатель проверки работы на пониженном напряжении не производится
Бесконтактные схемы на логических элементах	85, 100, 110	Изменение напряжения производится на входе в блок питания

Таблица 1.8.42.

**Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей**

Изоляция и марка кабеля	Испытательное напряжение, кВ; для кабелей на рабочее напряжение, кВ						Продолжительность испытания, мин
	6	10	20	35	110	220	
Бумажная	36	60	100	175	300	450	10
Резиновая марок КТГШ, КШЭ, КШВГ, КШВГЛ, КШБГД	12	—	—	—	—	—	5
Пластмассовая	—	—	—	—	—	—	10

**Предельные значения показателей качества масла кабельных  
линий**

<i>Показатель масла</i>	Нормы для масла марки	
	С-220	МН-3
Электрическая прочность, кВ/см, не менее	180	180
Тангенс угла диэлектрических потерь при +100 °С, %, не более	0,005	0,008
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,02	0,02
Степень дегазации, % , не более	0,5	1,0

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 12.10.2005 г. № 20-15-206/22)**

**Утверждены  
приказом инспекции «Узгосэнергонадзор»  
от 19 сентября 2005 г.  
№ 177**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел II**



## Раздел II. Канализация электроэнергии

### Глава 2.1. Электропроводки

#### Область применения, определения

2.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1000 В переменного и постоянного тока, выполняемые внутри зданий и сооружений, на наружных их стенах, территориях предприятий, учреждений, микрорайонов, офисов, дворов, приусадебных участков, на строительных площадках с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм<sup>2</sup> (при сечении более 16 мм<sup>2</sup> - Глава. 2.3. настоящих Правил).

Линии, выполняемые неизолированными проводами внутри помещений, должны отвечать требованиям, приведенным в Главе 2.2 настоящих Правил, вне зданий - в Главе 2.4. настоящих Правил.

Ответвления от ВЛ к вводам (пункты 2.1.6. и 2.4.2 настоящих Правил), выполняемые с применением изолированных или неизолированных проводов, должны скручиваться с соблюдением требований Главы 2.4, а ответвления, выполняемые с применением проводов (кабелей) на несущем тросе, - в соответствии с требованиями настоящей главы.

Кабельные линии, проложенные непосредственно в земле, должны отвечать требованиям, приведенным в Главе 2.3. настоящих Правил.

Дополнительные требования к электропроводкам приведены в Главе 1.5 Правил устройства электроустановок (далее - ПУЭ) Раздел I; в Главе 3.4 ПУЭ Раздел III, в Главах 5.4, 5.5 ПУЭ Раздел V и в ПУЭ Раздел VII.

2.1.2. **Электропроводкой** называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с настоящими Правилами.

2.1.3. **Кабель, шнур, провод защищенный и незащищенный, кабель и провод специальный** - определения по государственным стандартам.

2.1.4. Электропроводки разделяются на следующие виды:

1. **Открытая электропроводка** - проложенная по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.п.

При открытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: непосредственно по поверхности стен, потолков и т.п., на струнах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т.п.

Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

**2. Скрытая электропроводка** - проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т.п.

При скрытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

**2.1.5. Наружной электропроводкой** называется электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т.п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.п. Наружная электропроводка может быть открытой и скрытой.

**2.1.6. Вводом от воздушной линии электропередачи** называется электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства.

**2.1.7. Струной как несущим элементом электропроводки** называется стальная проволока, натянутая вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

**2.1.8. Полосой как несущим элементом электропроводки** называется металлическая полоса, закрепленная вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

**2.1.9. Тросом как несущим элементом электропроводки** называется стальная проволока или стальной канат, натянутые в воздухе, предназначенные для подвески к ним проводов, кабелей или их пучков.

**2.1.10. Коробом** называется закрытая полая конструкция прямоугольного или другого сечения, предназначенная для прокладки в ней проводов и кабелей. Короб должен служить защитой от механических повреждений, проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба должны иметь только сплошные стенки со всех сторон и не иметь крышек.

Короба могут применяться в помещениях и наружных установках.

**2.1.11. Лотком** называется открытая конструкция, предназначенная для прокладки на ней проводов и кабелей.

Лоток не является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки должны изготавливаться из негорючих материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми. Лотки могут применяться в помещениях и наружных установках.

2.1.12. **Чердачным помещением** называется такое непроизводственное помещение над верхним этажом здания, потолком которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции (кровлю, фермы, стропила, балки и т.п.) из сгораемых материалов.

Аналогичные помещения и технические этажи, расположенные непосредственно над крышей, перекрытия и конструкции которых выполнены из негорючих материалов, не рассматриваются как чердачные помещения.

### Общие требования

2.1.13. Допустимые длительные токи на провода и кабели электропроводок должны приниматься по Главе 1.3 ПУЭ Раздел I с учетом температуры окружающей среды и способа прокладки.

2.1.14. Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках должны быть не менее приведенных в Таблице 2.1.1. Сечения жил для зарядки осветительных арматур должны приниматься по Главе 6.5. ПУЭ Раздел VI. Сечения заземляющих и нулевых защитных проводников должны быть выбраны с соблюдением требований Главы 1.7. ПУЭ Раздел I.

2.1.15. В стальных и других механически прочных трубах, рукавах, коробах, лотках (пункт 2.1.11 настоящих Правил) и замкнутых каналах строительных конструкций зданий допускается совместная прокладка проводов и кабелей (за исключением взаиморезервируемых):

1. Всех цепей одного агрегата.
2. Силовых и контрольных цепей нескольких машин, панелей, щитов, пультов и т.п., связанных технологическим процессом.
3. Цепей, питающих сложный светильник.
4. Цепей нескольких групп одного вида освещения (рабочего или аварийного) с общим числом проводов в трубе не более восьми.
5. Осветительных цепей до 42 В с цепями выше 42 В при условии заключения проводов цепей до 42 В в отдельную изоляционную трубу.

Таблица 2.1.1.

#### Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках

Проводники	Сечение жил, мм <sup>2</sup>	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—

Незащищенные изолированные провода для стационарной проводки внутри помещений: непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах на лотках, в коробах (кроме глухих):	1	2,5
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроводочных	0,5	—
многопроводочных (гибких)	0,35	—
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводах:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах;	2,5	4
вводы от воздушных линий под навесами на роликах	1,5	2,5
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной электропроводки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, соединяемых пайкой:		
однопроводочных	0,5	—
многопроводочных (гибких)	0,35	—
Защищенные и незащищенные провода и кабели, прокладываемые в замкнутых каналах или замоноличенно (в строительных конструкциях или под штукатуркой)	1	2

2.1.16. В одной трубе, рукаве, коробе, пучке, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке запрещается совместная прокладка взаиморезервируемых цепей, цепей рабочего и аварийного освещения, а также цепей до 42 В с цепями выше 42 В (за исключением подпункта 5 пункта 2.1.15, и подпункта 1 пункта 6.1.16 настоящих Правил). Прокладка этих цепей допускается лишь в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные продольные перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч из негорючего материала.

Допускается прокладка цепей аварийного (эвакуационного) и рабочего освещения по разным наружным сторонам профиля (швеллера, уголка и т.п.).

2.1.17. В кабельных сооружениях, производственных помещениях и электропомещениях для электропроводок следует применять провода и кабели с оболочками только из трудногорюемых или негорюемых материалов, а незащищенные провода - с изоляцией только из трудногорюемых или негорюемых материалов.

2.1.18. При переменном или выпрямленном токе прокладка фазных и нулевого (или прямого и обратного) проводников в стальных трубах или в изоляци-

онных трубах со стальной оболочкой должна осуществляться в одной общей трубе.

Допускается прокладывать фазный и нулевой рабочий (или прямой и обратный) проводники в отдельных стальных трубах или в изоляционных трубах со стальной оболочкой, если длительный ток нагрузки в проводниках не превышает 25 А.

2.1.19. При прокладке проводов и кабелей в трубах, глухих коробах, гибких металлических рукавах и замкнутых каналах должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

2.1.20. Конструктивные элементы зданий и сооружений, замкнутые каналы и пустоты которых используются для прокладки проводов и кабелей, должны быть несгораемыми.

2.1.21. Соединение, ответвление и оконцевание жил проводов и кабелей должны производиться при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (винтовых, болтовых и т.п.) в соответствии с действующими инструкциями, утвержденными в установленном порядке.

2.1.22. В местах соединения, ответвления и присоединения жил проводов или кабелей должен быть предусмотрен запас провода (кабеля), обеспечивающий возможность повторного соединения, ответвления или присоединения.

2.1.23. Места соединения и ответвления проводов и кабелей должны быть доступны для осмотра и ремонта.

2.1.24. В местах соединения и ответвления провода и кабели не должны испытывать механических усилий тяжения.

2.1.25. Места соединения и ответвления жил проводов и кабелей, а также соединительные и ответвительные сжимы и т.п. должны иметь изоляцию, равноценную изоляции жил целых мест этих проводов и кабелей.

2.1.26. Соединение и ответвление проводов и кабелей, за исключением проводов, проложенных на изолирующих опорах, должны выполняться в соединительных и ответвительных коробках, в изоляционных корпусах соединительных и ответвительных сжимов, в специальных нишах строительных конструкций, внутри корпусов электроустановочных изделий, аппаратов и машин. При прокладке на изолирующих опорах соединение или ответвление проводов следует выполнять непосредственно у изолятора, клицы или на них, а также на ролике.

2.1.27. Конструкция соединительных и ответвительных коробок и сжимов должна соответствовать способам прокладки и условиям окружающей среды.

2.1.28. Соединительные и ответвительные коробки и изоляционные корпуса соединительных и ответвительных сжимов должны быть, как правило, изготовлены из несгораемых или трудносгораемых материалов.

2.1.29. Металлические элементы электропроводок (конструкции, коробка, лотки, трубы, рукава, коробки, скобы и т.п.) должны быть защищены от коррозии в соответствии с условиями окружающей среды.

2.1.30. Электропроводки должны быть выполнены с учетом возможных перемещений их в местах пересечений с температурными и осадочными швами.

## Выбор вида электропроводки, выбор проводов и кабелей и способа их прокладки

2.1.31. Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, назначению и ценности сооружений, их конструкции и архитектурным особенностям.

2.1.32. При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электробезопасности и пожарной безопасности.

2.1.33. Выбор видов электропроводки, выбор проводов и кабелей и способа их прокладки следует осуществлять в соответствии с Таблицей 2.1.2. настоящих Правил.

При наличии одновременно двух или более условий, характеризующих окружающую среду, электропроводка должна соответствовать всем этим условиям.

Таблица 2.1.2.

**Выбор видов электропроводок, способов прокладки проводов и кабелей**

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
1	2	3
<b>Открытые электропроводки</b>		
Сухие и влажные помещения	На роликах и клицах	Незащищенные одножильные провода
Сухие помещения	То же	Скрученные двухжильные провода
Помещение всех видов и наружные установки	На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)	Незащищенные одножильные провода
Наружные установки	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабель в неметаллической и металлической оболочках

Помещение всех видов	То же	Незащищённые и защищённые одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов и наружные установки	На лотках и коробах с открываемыми крышками	То же
Помещение всех видов и наружные установки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели)	На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Незащищённые и защищённые одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках.
<b>Скрытые электропроводки</b>		
Помещение всех видов и наружные установки	В неметаллических трубах из сгорасмых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т.п.) В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой. Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках. 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищённые и защищённые, одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке.
Сухие, влажные и сырые помещения	Замонолично в строительных конструкциях при их изготовлении	Незащищенные провода
<b>Открытые и скрытые электропроводки</b>		

<p>Помещение всех видов и наружные установки</p>	<p>В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудно сгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой.</p> <p>Исключения:</p> <p>1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках.</p> <p>2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках.</p>	<p>Незащищенные и защищенные, одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке.</p>
--	---	--

2.1.34. Оболочки и изоляция проводов и кабелей, применяемых в электропроводах, должны соответствовать способу прокладки и условиям окружающей среды. Изоляция, кроме того, должна соответствовать номинальному напряжению сети.

При наличии специальных требований, обусловленных характеристиками установки, изоляция проводов и защитные оболочки проводов и кабелей должны быть выбраны с учетом этих требований (а также пункты 2.1.50 и 2.1.51 настоящих Правил).

2.1.35. Нулевые рабочие проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

В производственных нормальных помещениях допускается использование стальных труб и тросов открытых электропроводок, а также металлических корпусов открыто установленных токопроводов, металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения (например, фермы, колонны, подкрановые пути) и механизмов в качестве одного из рабочих проводников линии в сетях напряжением до 42 В. При этом должны быть обеспечены непрерывность и достаточная проводимость этих проводников, видимость и надежная сварка стыков.

Использование указанных выше конструкций в качестве рабочего проводника не допускается, если конструкции находятся в непосредственной близости от сгораемых частей зданий или конструкций.

2.1.36. Прокладка проводов и кабелей, труб и коробов с проводами и кабелями по условиям пожарной безопасности должна удовлетворять требованиям Таблицы 2.1.3. настоящих Правил.



2.1.37. При открытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов расстояние в свету от провода (кабеля) до поверхности оснований, конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 10 мм. При невозможности обеспечить указанное расстояние провод (кабель) следует отделять от поверхности слоем несгораемого материала, выступающим с каждой стороны провода (кабеля) не менее чем на 10 мм.

2.1.38. При скрытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и т.п. с наличием сгораемых конструкций необходимо защищать провода и кабели сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон.

2.1.39. При открытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов по несгораемым и трудносгораемым основаниям и конструкциям расстояние в свету от трубы (короба) до поверхности конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 100 мм. При невозможности обеспечить указанное расстояние трубу (короб) следует отделять со всех сторон от этих поверхностей сплошным слоем несгораемого материала (штукатурка, алебастр, цементный раствор, бетон и т.п.) толщиной не менее 10 мм.

2.1.40. При скрытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и т.п. трубы и короба следует отделять со всех сторон от поверхностей конструкций, деталей из сгораемых материалов сплошным слоем несгораемого материала толщиной не менее 10 мм.

2.1.41. При пересечениях на коротких участках электропроводки с элементами строительных конструкций из сгораемых материалов эти участки должны быть выполнены с соблюдением требований пунктов 2.1.36-2.1.40. настоящих Правил.

2.1.42. В местах, где вследствие высокой температуры окружающей среды применение проводов и кабелей с изоляцией и оболочками нормальной теплостойкости невозможно или приводит к нерациональному повышению расхода цветного металла, следует применять провода и кабели с изоляцией и оболочками повышенной теплостойкости.

2.1.43. В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках изоляция проводов и изолирующие опоры, а также опорные и несущие конструкции, трубы, короба и лотки должны быть влагостойкими.

### Выбор видов электропроводок и способов прокладки проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности

Вид электропроводки и способ прокладки по основаниям и конструкциям		Провода и кабели
из сгораемых материалов	из негоряемых и трудногоряемых материалов	
<b>Открытые электропроводки</b>		
На роликах, изоляторах или с подкладкой негоряемых материалов*	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
Непосредственно	Непосредственно	Защищенные провода и кабели в оболочке из негоряемых и трудногоряемых материалов
В трубах и коробах из негоряемых материалов	В трубах и коробах из трудногоряемых и негоряемых материалов	Незащищенные и защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых и трудногоряемых материалов
<b>Скрытые электропроводки</b>		
С подкладкой негоряемых материалов* и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других негоряемых материалов	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
С подкладкой негоряемых материалов*	Непосредственно	Защищенные провода и кабели в оболочке из трудногоряемых материалов

\* Подкладка из негоряемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм

\* Подкладка из негоряемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм

\* Подкладка из негоряемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм

Непосредственно	Непосредственно	То же из негорючих
В трубах и коробах из трудногорючих материалов – с подкладкой по трубу и короба негорючих материалов* и последующим заштукатуриванием**	В трубах и коробах: из горючих материалов – замоноличено, в бороздах и т.п., в сплошном слое негорючих материалов***	Незащищенные провода и кабели в оболочке из горючих, трудногорючих и негорючих материалов
То же из негорючих материалов - непосредственно	То же из трудногорючих и негорючих материалов - непосредственно	

2.1.44. В пыльных помещениях не рекомендуется применять способы прокладки, при которых на элементах электропроводки может скапливаться пыль, а удаление ее затруднительно.

2.1.45. В помещениях и наружных установках с химически активной средой все элементы электропроводки должны быть стойкими по отношению к среде либо защищены от ее воздействия.

2.1.46. Провода и кабели, имеющие несветостойкую наружную изоляцию или оболочку, должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

2.1.47. В местах, где возможны механические повреждения электропроводки, открыто проложенные провода и кабели должны быть защищены от них своими защитными оболочками, а если такие оболочки отсутствуют или недостаточно стойки по отношению к механическим воздействиям, - трубами, коробами, ограждениями или применением скрытой электропроводки.

2.1.48. Провода и кабели должны применяться лишь в тех областях, которые указаны в стандартах и технических условиях на кабели (провода).

2.1.49. Для стационарных электропроводок должны применяться преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами (за исключением указанным пункта 2.1.70 настоящих Правил; пунктов 3.4.3, 3.4.12 ПУЭ Раздел III, электропроводки в машинном помещении, шахте лифта (подъемнике) и кабине - Глава 5.5. ПУЭ Раздел V, зарядки осветительной арматуры общего освещения; присоединения к сети настольных, ручных и переносных светильников, а также светильников местного освещения, подвешиваемых на шнурах и проводах; зарядки стационарной осветительной арматуры местного освещения - Глава 6.5. ПУЭ Раздел VI, электропроводки и кабельных линий на сцене (эстраде,

\* Подкладка из негорючих материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10мм

\*\* Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки, алебастра и т.п. толщиной не менее 10мм над трубой

\*\*\* Сплошным слоем негорючего материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки, алебастрового, цементного раствора или бетона толщиной не менее 10мм

манеже), в студиях телевизионных центров и радиодомов и т. п. – Глава 7.2. и применения во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia – Глава 7.3. ПУЭ Раздел VII).

Не допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для присоединения к электротехническим устройствам, установленным непосредственно на виброизолирующих опорах.

В музеях, картинных галереях, библиотеках, архивах и других хранилищах республиканского значения следует применять провода и кабели только с медными жилами.

2.1.50. Для питания переносных и передвижных электроприемников следует применять шнуры и гибкие кабели с медными жилами, специально предназначенные для этой цели, с учетом возможных механических воздействий. Все жилы указанных проводников, в том числе заземляющая, должны быть в общей оболочке, оплетке или иметь общую изоляцию.

Для механизмов, имеющих ограниченное перемещение (краны, передвижные пилы, механизмы ворот и пр.), следует применять такие конструкции токопровода к ним, которые защищают жилы проводов и кабелей от излома (например, шлейфы гибких кабелей, каретки для подвижной подвески гибких кабелей).

2.1.51. При наличии масел и эмульсий в местах прокладки проводов следует применять провода с маслостойкой изоляцией либо защищать провода от их воздействия.

### **Открытые электропроводки внутри помещений**

2.1.52. Открытую прокладку незащищенных изолированных проводов непосредственно по основаниям, на роликах, изоляторах, на тросах и лотках следует выполнять:

1. При напряжении выше 42 В в помещениях без повышенной опасности и при напряжении до 42 В в любых помещениях - на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания.

2. При напряжении выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - на высоте не менее 2,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

Данные требования не распространяются на спуски к выключателям, розеткам, пусковым аппаратам, щиткам, светильникам, устанавливаемым на стене.

В производственных помещениях спуски незащищенных проводов к выключателям, розеткам, аппаратам, щиткам и т.п. должны быть защищены от механических воздействий до высоты не менее 1,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

В бытовых помещениях промышленных предприятий, в жилых и общественных зданиях указанные спуски допускается не защищать от механических воздействий.

В помещениях, доступных только для специально обученного персонала, высота расположения открыто проложенных незащищенных изолированных проводов не нормируется.

2.1.53. В крановых пролетах незащищенные изолированные провода следует прокладывать на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки тележки крана (если площадка расположена выше настила моста крана) или от настила моста крана (если настил расположен выше площадки тележки). Если это невозможно, то должны быть выполнены защитные устройства для предохранения персонала, находящегося на тележке и мосту крана, от случайного прикосновения к проводам. Защитное устройство должно быть установлено на всем протяжении проводов или на самом мосту крана в пределах расположения проводов.

2.1.54. Высота открытой прокладки защищенных изолированных проводов, кабелей, а также проводов и кабелей в трубах, коробах со степенью защиты не ниже IP 20, в гибких металлических рукавах от уровня пола или площадки обслуживания не нормируется.

2.1.55. Если незащищенные изолированные провода пересекаются с незащищенными или защищенными изолированными проводами с расстоянием между проводами менее 10 мм, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод должна быть наложена дополнительная изоляция.

2.1.56. При пересечении незащищенных и защищенных проводов и кабелей с трубопроводами расстояния между ними в свету должны быть не менее 50 мм, а с трубопроводами, содержащими горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы - не менее 100 мм. При расстоянии от проводов и кабелей до трубопроводов менее 250 мм провода и кабели должны быть дополнительно защищены от механических повреждений на длине не менее 250 мм в каждую сторону от трубопровода.

При пересечении с горячими трубопроводами провода и кабели должны быть защищены от воздействия высокой температуры или должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.57. При параллельной прокладке расстояние от проводов и кабелей до трубопроводов должно быть не менее 100 мм, а до трубопроводов с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами - не менее 400 мм.

Провода и кабели, проложенные параллельно горячим трубопроводам, должны быть защищены от воздействия высокой температуры либо должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.58. В местах прохода проводов и кабелей через стены, междуэтажные перекрытия или выхода их наружу необходимо обеспечивать возможность смены электропроводки. Для этого проход должен быть выполнен в трубе, коробе, проеме и т.п. С целью предотвращения проникновения и скопления воды и распространения пожара в местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу следует заделывать зазоры между проводами, кабелями и трубой (коробом, проемом и т.п.), а также резервные трубы (короба, проемы и т.п.) легко удаляемой массой из негорящего материала. Заделка должна допускать замену, дополнительную прокладку новых проводов и кабелей и обеспечивать

предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

2.1.59. При прокладке незащищенных проводов на изолирующих опорах провода должны быть дополнительно изолированы (например, изоляционной трубой) в местах проходов через стены или перекрытия. При проходе этих проводов из одного сухого или влажного помещения в другое сухое или влажное помещение все провода одной линии допускается прокладывать в одной изоляционной трубе.

При проходе проводов из сухого или влажного помещения в сырое, из одного сырого помещения в другое сырое или при выходе проводов из помещения наружу каждый провод должен прокладываться в отдельной изоляционной трубе. При выходе из сухого или влажного помещения в сырое или наружу здания соединения проводов должны выполняться в сухом или влажном помещении.

2.1.60. На лотках, опорных поверхностях, тросах, струнах, полосах и других несущих конструкциях допускается прокладывать провода и кабели вплотную один к другому пучками (группами) различной формы (например, круглой, прямоугольной в несколько слоев).

Провода и кабели каждого пучка должны быть скреплены между собой.

2.1.61. В коробах провода и кабели допускается прокладывать многослойно с упорядоченным и произвольным (россыпью) взаимным расположением. Сумма сечений проводов и кабелей, рассчитанных по их наружным диаметрам, включая изоляцию и наружные оболочки, не должна превышать: для глухих коробов 35% сечения короба в свету; для коробов с открываемыми крышками 40%.

2.1.62. Допустимые длительные токи на провода и кабели, проложенные пучками (группами) или многослойно, должны приниматься с учетом снижающих коэффициентов, учитывающих количество и расположение проводников (жил) в пучке, количество и взаимное расположение пучков (слоев), а также наличие ненагруженных проводников.

2.1.63. Трубы, короба и гибкие металлические рукава электропроводок должны прокладываться так, чтобы в них не могла скапливаться влага, в том числе от конденсации паров, содержащихся в воздухе.

2.1.64. В сухих непыльных помещениях, в которых отсутствуют пары и газы, отрицательно воздействующие на изоляцию и оболочку проводов и кабелей, допускается соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов без уплотнения.

Соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов между собой, а также с коробами, корпусами электрооборудования и т.п. должно быть выполнено:

в помещениях, которые содержат пары или газы, отрицательно воздействующие на изоляцию или оболочки проводов и кабелей, в наружных установках и в местах, где возможно попадание в трубы, короба и рукава масла, воды или эмульсии, - с уплотнением; короба в этих случаях должны быть со сплош-

ными стенками и с уплотненными сплошными крышками либо глухими, разъемные короба - с уплотнениями в местах разъема, а гибкие металлические рукава - герметичными;

в пыльных помещениях - с уплотнением соединений и ответвлений труб, рукавов и коробов для защиты от пыли.

2.1.65. Соединение стальных труб и коробов, используемых в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников, должно соответствовать требованиям, приведенным в настоящей Главе и Главе 1.7. ПУЭ Раздел I

### **Скрытые электропроводки внутри помещений**

2.1.66. Скрытые электропроводки в трубах, коробах и гибких металлических рукавах должны быть выполнены с соблюдением требований, приведенных в пунктах 2.1.63-2.1.65 настоящих Правил, причем во всех случаях - с уплотнением. Короба скрытых электропроводок должны быть глухими.

2.1.67. Выполнение электропроводки в вентиляционных каналах и шахтах запрещается. Допускается пересечение этих каналов и шахт одиночными проводами и кабелями, заключенными в стальные трубы.

2.1.68. Прокладку проводов и кабелей за подвесными потолками следует выполнять в соответствии с требованиями настоящей Главы и Главы 7.1. ПУЭ. Раздел VII.

### **Электропроводки в чердачных помещениях**

2.1.69. В чердачных помещениях могут применяться следующие виды электропроводок:

открытая;

проводами и кабелями, проложенными в трубах, а также защищенными проводами и кабелями в оболочках из негорюемых или трудногорюемых материалов - на любой высоте;

незащищенными изолированными одножильными проводами на роликах или изоляторах (в чердачных помещениях производственных зданий - только на изоляторах) - на высоте не менее 2,5 м; при высоте до проводов менее 2,5 м они должны быть защищены от прикосновения и механических повреждений;

скрытая: в стенах и перекрытиях из негорюемых материалов - на любой высоте.

2.1.70. Открытые электропроводки в чердачных помещениях должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами.

Провода и кабели с алюминиевыми жилами допускаются в чердачных помещениях: зданий с негорюемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах или скрытой прокладке их в негорюемых стенах и перекрытиях; производственных зданий сельскохозяйственного назначения со сгораемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах с исклю-

чением проникновения пыли внутрь труб и соединительных (ответвительных) коробок; при этом должны быть применены резьбовые соединения.

2.1.71. Соединение и ответвление медных или алюминиевых жил проводов и кабелей в чердачных помещениях должны осуществляться в металлических соединительных (ответвительных) коробках сваркой, опрессовкой или с применением сжимов, соответствующих материалу, сечению и количеству жил.

2.1.72. Электропроводка в чердачных помещениях, выполненная с применением стальных труб, должна отвечать также требованиям, приведенным в пунктах 2.1.63 - 2.1.65. настоящих Правил.

2.1.73. Ответвления от линий, проложенных в чердачных помещениях, к электроприемникам, установленным вне чердаков, допускаются при условии прокладки линий и ответвлений открыто в стальных трубах или скрыто в негорючих стенах (перекрытиях).

2.1.74. Коммутационные аппараты в цепях светильников и других электроприемников, установленных непосредственно в чердачных помещениях, должны быть установлены вне этих помещений.

### **Наружные электропроводки**

2.1.75. Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки должны быть расположены или ограждены таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения с мест, где возможно частое пребывание людей (например, балкон, крыльцо).

От указанных мест эти провода, проложенные открыто по стенам, должны находиться на расстоянии не менее, м:

При горизонтальной прокладке:

под балконом, крыльцом, а также над крышей промышленного здания .....	2,5
под окном .....	0,5
под балконом .....	1,0
под окном (от подоконника) .....	1,0
При вертикальной прокладке до окна .....	0,75
То же, но до балкона .....	1,0
От земли .....	2,75



При подвеске проводов на опорах около зданий расстояния от проводов до балконов и окон должны быть не менее 1,5 м при максимальном отклонении проводов.

Наружная электропроводка по крышам жилых, общественных зданий и зрелищных предприятий не допускается, за исключением вводов в здания (предприятия) и ответвлений к этим вводам (пункт 2.1.79 настоящих Правил).

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки в отношении прикосновения следует рассматривать как неизолированные.

2.1.76. Расстояния от проводов, пересекающих пожарные проезды и пути для перевозки грузов, до поверхности земли (дороги) в проезжей части должны быть не менее 6 м, в непроезжей части - не менее 3,5 м.

2.1.77. Расстояния между проводами должны быть: при пролете до 6 м - не менее 0,1 м, при пролете более 6 м - не менее 0,15 м. Расстояния от проводов до стен и опорных конструкций должны быть не менее 50 мм.

2.1.78. Прокладка проводов и кабелей наружной электропроводки в трубах, коробах и гибких металлических рукавах должна выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в пунктах 2.1.63 - 2.1.65 настоящих Правил, причем во всех случаях с уплотнением. Прокладка проводов в стальных трубах и коробах в земле вне зданий не допускается.

2.1.79. Вводы в здания рекомендуется выполнять через стены в изоляционных трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь здания.

Расстояние от проводов перед вводом и проводов ввода до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м (смотри также пункты 2.4.37 и 2.4.56 настоящих Правил).

Расстояние между проводами у изоляторов ввода, а также от проводов до выступающих частей здания (свесы крыши и т.п.) должно быть не менее 0,2 м.

Вводы допускается выполнять через крыши в стальных трубах. При этом расстояние по вертикали от проводов ответвления к вводу и от проводов ввода до крыши должно быть не менее 2,5 м.

Для зданий небольшой высоты (торговые павильоны, киоски, здания контейнерного типа, передвижные будки, фургоны и т.п.), на крышах которых исключено пребывание людей, расстояние в свету от проводов ответвлений к вводу и проводов ввода до крыши допускается принимать не менее 0,5 м. При этом расстояние от проводов до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м.

## **Глава 2.2 Токопроводы напряжением до 35 кВ**

### **Область применения, определения**

2.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на токопроводы переменного и постоянного тока напряжением до 35 кВ. Дополнительные требования к токопроводам, устанавливаемым во взрывоопасных и пожароопасных зонах,

приведены соответственно в Главах 7.3. и 7.4. ПУЭ Раздел VII. Глава не распространяется на специальные токопроводы для электролизных установок, короткой сети электротермических установок, а также на токопроводы, устройство которых определяется специальными правилами или нормами.

2.2.2. Токопроводом называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

2.2.3. В зависимости от вида проводников токопроводы подразделяются на гибкие (при использовании проводов) и жесткие (при использовании жестких шин).

Жесткий токопровод до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называется шинопроводом.

В зависимости от назначения шинопроводы подразделяются на:

магистральные, предназначенные в основном для присоединения к ним распределительных шинопроводов и силовых распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников;

распределительные, предназначенные в основном для присоединения к ним электроприемников;

троллейные, предназначенные для питания передвижных электроприемников,

осветительные, предназначенные для питания светильников и электроприемников небольшой мощности.

2.2.4. Токопровод напряжением выше 1000 В, выходящий за пределы одной электроустановки, называется протяженным.

### **Общие требования**

2.2.5. В сетях 6-35 кВ промышленных предприятий для передачи в одном направлении мощности более 15-20 МВ·А при напряжении 6 кВ, более 25-35 МВ·А при напряжении 10 кВ и более 35 МВ·А при напряжении 35 кВ следует применять, как правило, гибкие или жесткие токопроводы, которые имеют преимущества перед линиями, выполненными из большого числа параллельно прокладываемых кабелей.

Открытую прокладку токопроводов следует применять во всех случаях, когда она возможна по условиям генплана объекта электроснабжения и окружающей среды.

2.2.6. В местах, где в воздухе содержатся химически активные вещества, воздействующие разрушающе на токоведущие части, поддерживающие конструкции и изоляторы, токопроводы должны иметь соответствующее исполнение или должны быть приняты другие меры их защиты от указанных воздействий.

2.2.7. Расчет и выбор проводников, изоляторов, арматуры, конструкций и аппаратов токопроводов следует производить как по нормальным условиям ра-

боты (соответствие рабочему напряжению и току), так и по условиям работы при коротких замыканиях (смотри Главу 1.4 ПУЭ. Раздел I).

2.2.8. Токоведущие части должны иметь обозначение и расцветку в соответствии с требованиями Главы 1.1. ПУЭ. Раздел I

2.2.9. Токоведущие части токопроводов следует выполнять, как правило, из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, труб и шин профильного сечения.

2.2.10. Для заземления токоведущих частей токопроводов должны предусматриваться стационарные заземляющие ножи или переносные заземления в соответствии с требованиями Главы 4.2. ПУЭ Раздел IV, а также подпункта 3 пункта 2.2.30. настоящих Правил).

2.2.11. Механические нагрузки на токопроводы, а также расчетные температуры окружающей среды следует определять в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 4.2. ПУЭ Раздел IV.

2.2.12. Компонировка и конструктивное выполнение токопроводов должны предусматривать возможность удобного и безопасного производства монтажных и ремонтных работ.

2.2.13. Токопроводы выше 1000 В на открытом воздухе должны быть защищены от грозовых перенапряжений в соответствии с требованиями Главы 4.2. ПУЭ Раздел IV.

2.2.14. В токопроводах переменного тока с симметричной нагрузкой при токе 1 кА и более рекомендуется, а при токе 1,6 кА и более следует предусматривать меры по снижению потерь электроэнергии в шинодержателях, арматуре и конструкциях от воздействия магнитного поля.

При токах 2,5 кА и более должны быть, кроме того, предусмотрены меры по снижению и выравниванию индуктивного сопротивления (например, расположение полос в пакетах по сторонам квадрата, применение спаренных фаз, профильных шин, круглых и квадратных полых труб, транспозиции). Для протяженных гибких токопроводов рекомендуется также применение внутрифазных транспозиций, количество которых должно определяться расчетным путем в зависимости от длины токопровода.

При несимметричных нагрузках значение тока, при котором необходимо предусматривать меры по снижению потерь электроэнергии от воздействия магнитного поля, должно в каждом отдельном случае определяться расчетом.

2.2.15. В случаях, когда изменение температуры, вибрация трансформаторов, неравномерная осадка здания, сейсмические воздействия и т.п. могут повлечь за собой опасные механические напряжения в проводниках, изоляторах или других элементах токопроводов, следует предусматривать меры к устранению этих напряжений (компенсаторы или подобные им приспособления). На жестких токопроводах компенсаторы должны устанавливаться также в местах пересечений с температурными и осадочными швами зданий и сооружений.

2.2.16. Неразъемные соединения токопроводов рекомендуется выполнять при помощи сварки. Для соединения ответвлений с гибкими токопроводами допускается применение прессуемых зажимов.

Соединения проводников из разных материалов должны выполняться так, чтобы была предотвращена коррозия контактных поверхностей.

2.2.17. Выбор сечения токопроводов выше 1000 В по длительно допустимому току в нормальном и послеаварийном режимах следует производить с учетом ожидаемого роста нагрузок, но не более чем на 25-30% выше расчетных.

2.2.18. Для токопроводов, выполняемых с применением неизолированных проводов, длительно допустимые токи следует определять по Главе 1.3 ПУЭ Раздел I с применением коэффициента 0,8 при отсутствии внутрифазной транспозиции проводов, 0,98 при наличии внутрифазной транспозиции проводов.

## **Токопроводы напряжением до 1000 В**

2.2.19. Места ответвлений от токопроводов должны быть доступны для обслуживания.

2.2.20. В производственных помещениях токопроводы исполнения IP00 следует располагать на высоте не менее 3,5 м от уровня пола или площадки обслуживания, а токопроводы исполнения до IP31 - не менее 2,5 м.

Высота установки токопроводов исполнения IP20 и выше с изолированными шинами, а также токопроводов исполнения IP40 и выше не нормируется. Не нормируется также высота установки токопроводов любого исполнения при напряжении сети 42 В и ниже переменного тока и 110 В и ниже постоянного тока.

В помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т.п.), высота установки токопроводов исполнения IP20 и выше не нормируется.

В электропомещениях промышленных предприятий высота установки токопроводов исполнения IP00 и выше не нормируется. Места, где возможны случайные прикосновения к токопроводам исполнения IP00, должны быть ограждены.

Токопроводы должны иметь дополнительную защиту в местах, где возможны механические повреждения.

Токопроводы и ограждения, размещаемые над проходами, должны быть установлены на высоте не менее 1,9 м от пола или площадки обслуживания.

Сетчатые ограждения токопроводов должны иметь сетку с ячейками не более 25x25 мм.

Конструкции, на которые устанавливаются токопроводы, должны быть выполнены из несгораемых материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,25 ч.

Узлы прохода токопроводов через перекрытия, перегородки и стены должны исключать возможность распространения пламени и дыма из одного помещения в другое.

2.2.21. Расстояние от токоведущих частей токопроводов без оболочек (исполнение IP00) до трубопроводов должно быть не менее 1 м, а до технологического оборудования - не менее 1,5 м.

Расстояние от шинопроводов, имеющих оболочки (исполнение IP21 IP31, IP51, IP65), до трубопроводов и технологического оборудования не нормируется.

2.2.22. Расстояние в свету между проводниками разных фаз или полюсов токопроводов без оболочек (IP00) и от них до стен зданий и заземленных конструкций должно быть не менее 50 мм, а до стораемых элементов зданий - не менее 200 мм.

2.2.23. Коммутационная и защитная аппаратура для ответвлений от токопроводов должна устанавливаться непосредственно на токопроводах или вблизи пункта ответвления, (смотри также пункт 3.1.16 ПУЭ Раздел III). Эта аппаратура должна быть расположена и ограждена так, чтобы исключалась возможность случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением. Для оперативного управления с уровня пола или площадки обслуживания аппаратами, установленными на недоступной высоте, должны быть предусмотрены соответствующие устройства (тяги, тросы). Аппараты должны иметь различимые с пола или площадки обслуживания признаки, указывающие положение аппарата (включено, отключено).

2.2.24. Для токопроводов следует применять изоляторы из негораемых материалов (фарфор, стеатит и т.п.).

2.2.25. По всей трассе токопроводов без защитных оболочек (IP00) через каждые 10-15 м, а также в местах, посещаемых людьми (посадочные площадки для крановщиков и т.п.), должны быть укреплены предупреждающие плакаты по технике безопасности.

2.2.26. Должны быть предусмотрены меры (например, изоляционные распорки) для предотвращения недопустимого сближения проводников фаз между собой и с оболочкой токопровода при прохождении токов КЗ.

2.2.27. На токопроводы в крановых пролетах распространяются следующие дополнительные требования:

1. Неогражденные токопроводы без защитных оболочек (IP00), прокладываемые по фермам, следует размещать на высоте не менее 2,5 м от уровня настила моста и тележки крана; при прокладке токопроводов ниже 2,5 м, но не ниже уровня нижнего пояса фермы перекрытия должны быть предусмотрены ограждения от случайного прикосновения к ним с настила моста и тележки крана на всем протяжении токопроводов. Допускается устройство ограждения в виде навеса на самом кране под токопроводом.

2. Участки токопроводов без защитных оболочек (IP00) над ремонтными зонами для кранов (смотри Главу 5.4. ПУЭ Раздел V) должны иметь ограждения, предотвращающие прикосновение к токоведущим частям с настила тележки крана. Ограждение не требуется, если токопровод расположен над этим настилом на уровне не менее 2,5 м или если в этих местах применяются изолиро-

ванные проводники; в последнем случае наименьшее расстояние до них определяют, исходя из ремонтных условий.

3. Прокладка токопроводов под краном без применения специальных мер защиты от механических повреждений допускается в мертвой зоне крана. Специальных мер защиты от механических повреждений не требуется предусматривать для шинопроводов в оболочке любого исполнения на ток до 630 А, расположенных вблизи технологического оборудования вне мертвой зоны крана.

### **Токопроводы напряжением выше 1000В**

2.2.28. В производственных помещениях допускается применение токопроводов исполнения IP41 и выше, токопроводы должны быть расположены от уровня пола или площадки обслуживания на высоте не менее 2,5 м.

В производственных помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т.п.), высота установки токопроводов исполнения IP41 и выше не нормируется. В электропомещениях допускается применение токопроводов любого исполнения. Высота установки от уровня пола или площадки обслуживания для токопроводов исполнения ниже IP41 - не менее 2,5 м; IP41 и выше - не нормируется.

2.2.29. На открытом воздухе могут применяться токопроводы всех исполнений (смотри также пункты 2.2.5 и 2.2.13 настоящих Правил).

2.2.30. При размещении токопроводов в туннелях и галереях должны быть выполнены требования Главы 4.2. ПУЭ Раздел IV, а также следующие требования:

1. Ширина коридоров обслуживания токопроводов, не имеющих оболочки (IP00), должна быть не менее: 1 м при одностороннем расположении и 1,2 м при двустороннем расположении. При длине токопровода более 150 м ширина коридора обслуживания как при одностороннем, так и при двустороннем обслуживании оборудования должна быть увеличена по сравнению с приведенной не менее чем на 0,2 м.

2. Высота ограждения токопроводов, не имеющих оболочки, от уровня пола должна быть не менее 1,7 м.

3. В начале и в конце токопровода, а также в промежуточных точках следует предусматривать стационарные заземляющие ножи или устройства для присоединения переносных заземлений. Число мест установки переносных заземлений должно выбираться таким, чтобы наведенное от соседних токопроводов при КЗ напряжение между двумя соседними точками установки заземлений не превышало 250 В.

2.2.31. В туннелях и галереях, где размещены токопроводы, должно быть выполнено освещение в соответствии с требованиями ПУЭ Раздел VI. Освещение туннелей и галерей должно питаться от двух источников с чередованием присоединений ламп к обоим источникам.

Там, где прокладываются токопроводы без оболочек (IP00), осветительная арматура должна быть установлена так, чтобы было обеспечено безопасное ее обслуживание. В этом случае осветительная электропроводка в туннелях и галереях должна быть экранирована (кабели с металлической оболочкой, электропроводки в стальных трубах и др.).

2.2.32. При выполнении туннелей и галерей для токопроводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. Сооружения должны выполняться из негорюемых материалов. Несущие строительные конструкции из железобетона должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, а из стального проката - не менее 0,25 ч.

2. Вентиляция должна быть выполнена такой, чтобы разность температур входящего и выходящего воздуха при номинальной нагрузке не превышала 15°C. Вентиляционные отверстия должны быть закрыты жалюзи или сетками и защищены козырьками.

3. Внутреннее пространство туннелей и галерей не должно пересекаться какими-либо трубопроводами.

4. Туннели и галереи токопроводов должны быть оборудованы устройствами связи. Аппаратура средств связи и места ее установки должны определяться при конкретном проектировании.

### **Гибкие токопроводы напряжением выше 1000 В**

2.2.33. Гибкие токопроводы на открытом воздухе должны прокладываться на самостоятельных опорах. Совмещенная прокладка токопроводов и технологических трубопроводов на общих опорах не допускается.

2.2.34. Расстояние между проводами расщепленной фазы рекомендуется принимать равным не менее чем шести диаметрам применяемых проводов.

2.2.35. Расстояние между токоведущими частями и от них до заземленных конструкций, зданий и других сооружений, а также до полотна автомобильной или железной дороги должно приниматься по Главе 2.5 настоящих Правил.

2.2.36. Сближение токопроводов со зданиями и сооружениями, содержащими взрывоопасные помещения, а также со взрывоопасными наружными установками должно выполняться в соответствии с требованиями Главы 7.3. ПУЭ

#### **Раздел VII**

2.2.37. Проверку расстояний от токопроводов до пересекаемых сооружений следует производить с учетом дополнительных весовых нагрузок на провода от междупазных и внутрифазных распорок и возможностей максимальной температуры провода в послеаварийном режиме. Максимальная температура при работе токопровода в послеаварийном режиме принимается равной плюс 70°C.

2.2.38. Располагать фазы цепи протяженного токопровода рекомендуется по вершинам равностороннего треугольника.

2.2.39. Конструкция протяжного токопровода должна предусматривать возможность применения переносных заземлений, позволяющих безопасно выполнять работы на отключенной цепи.

Число мест установки переносных заземлений выбирается по подпункту 3 пункта 2.2.30 настоящих Правил.

2.2.40. При расчете проводов гибких токопроводов необходимо руководствоваться следующим:

1. Тяжение и напряжение в проводах при различных сочетаниях внешних нагрузок должны приниматься в зависимости от допустимого нормативного тяжения на фазу, обусловленного прочностью применяемых опор и узлов, воспринимающих усилия.

Нормативное тяжение на фазу следует принимать, как правило, не более 9,8 кН (10 тс).

2. Должны учитываться дополнительные весовые нагрузки на провода от междуфазных и внутрифазных распорок.

3. Давление ветра на провода должно рассчитываться по пункту 2.5.30 настоящих Правил.

## **Глава 2.3 Кабельные линии напряжением до 220 кВ Область применения, определения**

2.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на кабельные линии до 220 кВ, а также линии, выполняемые контрольными кабелями. Дополнительные требования к кабельным линиям приведены в Главах. 7.3, 7.4 и 7.7 ПУЭ. Раздел VII.

2.3.2. **Кабельной линией** называется линия для передачи электроэнергии или отдельных импульсов ее, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслонаполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

2.3.3. **Кабельным сооружением** называется сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также маслоподпитывающих аппаратов и другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслонаполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные туннели, каналы, коробка, блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты.

**Кабельным туннелем** называется закрытое сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий.

**Кабельным каналом** называется закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т.п. Непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии.

**Кабельной шахтой** называется вертикальное кабельное сооружение (как правило, прямоугольного сечения), у которого высота в несколько раз больше



стороны сечения, снабженное скобами или лестницей для передвижения вдоль него людей (проходные шахты) или съемной полностью или частично стенкой (непроходные шахты).

**Кабельным этажом** называется часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия ее менее 1,8 м.

**Двойным полом** называется полость, ограниченная стенами помещения, междуэтажным перекрытием и полом помещения со съемными плитами (на всей или части площади).

**Кабельным блоком** называется кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами.

**Кабельной камерой** называется подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в блоки. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем.

**Кабельной эстакадой** называется надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.

**Кабельной галереей** называется надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение.

**Кабельная трасса** – направление линии прокладки одного или нескольких кабелей.

**Многорядная прокладка** – прокладка кабелей по общей трассе по двум и более рядам опорных поверхностей, расположенных в разных параллельных плоскостях с нормативными расстояниями между ними.

**Многослойная прокладка** – совместная прокладка без перекрещиваний кабелей в два или более слоя без зазоров.

**Не распространяющий горение поток кабелей** – поток кабелей, по которому пламя не распространяется за пределы зоны воздействия пламени источника зажигания более, чем на 2,5 м.

**Одиночный: кабель, пучок кабелей, ряд кабелей, слой кабелей, ряд пучков кабелей** – расположенный на одной конструкции (поверхности) на расстоянии более 300 мм от других кабелей и проводов.

**Поток кабелей** – совокупность (группа) кабелей, проложенных по общей трассе или по её части: однорядно, однослойно, пучками, многорядно или многослойно с расстоянием в свету до 300 мм один от другого и на расстоянии более 300 мм от других кабелей и проводов, не входящих в данный поток.

**Пучок кабелей** – совокупность кабелей, расположенных вплотную один к другому (без зазоров и перекрещиваний) и скрепленных между собой общими бандажами. Пучки в поперечном сечении могут быть круглой, прямоугольной или другой формы.

**Ряд кабелей** – совокупность кабелей, расположенных в одной плоскости по одному ряду опорных поверхностей (кабельных полок, консолей, лотков и т.д.) с определенными расстояниями между кабелями.

**Ряд пучков кабелей** – совокупность пучков кабелей, расположенных в одной плоскости по одному ряду опорных поверхностей с определенными расстояниями между кабелями.

**Слой кабелей** – тот же ряд кабелей, но при отсутствии зазоров между кабелями.

2.3.4. **Коробом** называется – смотри пункт 2.1.10. настоящих Правил

2.3.5. **Лотком** называется – смотри пункт 2.1.11. настоящих Правил.

2.3.6. **Кабельной маслонаполненной линией** низкого или высокого давления называется линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет:

0,0245–0,294 МПа (0,25–3,0 кгс/см<sup>2</sup>) для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;

0,0245–0,49 МПа (0,25–5,0 кгс/см<sup>2</sup>) для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;

1,08–1,57 МПа (11–16 кгс/см<sup>2</sup>) для кабелей высокого давления.

2.3.7. **Секцией кабельной маслонаполненной линии низкого давления** называется участок линии между стопорными муфтами или стопорной и концевой муфтами.

2.3.8. **Подпитывающим пунктом** называется надземное, наземное или подземное сооружение с подпитывающими аппаратами и оборудованием (баки питания, баки давления, подпитывающие агрегаты и др.).

2.3.9. **Разветвительным устройством** называется часть кабельной линии высокого давления между концом стального трубопровода и концевыми однофазными муфтами.

2.3.10. **Подпитывающим агрегатом** называется автоматически действующее устройство, состоящее из баков, насосов, труб, перепускных клапанов, вентилях, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом кабельной линии высокого давления.

## Общие требования

2.3.11. Проектирование и сооружение кабельных линий должны производиться на основе технико-экономических расчетов с учетом развития сети, ответственности и назначения линии, характера трассы, способа прокладки, конструкций кабелей и т.п.

2.3.12. При выборе трассы кабельной линии следует по возможности избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей.

2.3.13. Над подземными кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

для кабельных линий выше 1000 В по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

для кабельных линий до 1000 В по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами – на 0,6 м в сторону зданий сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

Для подводных кабельных линий до и выше 1000 В в соответствии с указанными правилами должна быть установлена охранная зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

Охранные зоны кабельных линии используются с соблюдением требований правил охраны электрических сетей.

2.3.14. Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты от коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении КЗ на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать перекрещиваний их между собой, с трубопроводами и пр.

При выборе трассы кабельной маслонаполненной линии низкого давления принимается во внимание рельеф местности для наиболее рационального размещения и использования на линии подпитывающих баков.

2.3.15. Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;

кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и т.п. должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;

кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;

конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений и коррозии при помощи эластичных прокладок;

кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и

грузов, доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;

кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

2.3.16. Защита кабельных линий от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям настоящих Правил и Щурилиш меъёрлари ва шоидалари (далее – ЦМЦ).

2.3.17. Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

2.3.18. Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из несгораемых материалов. Запрещается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

2.3.19. Открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также теплоизлучений от различного рода источников тепла.

2.3.20. Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны иметь по отношению к их наружному диаметру кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.21. Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению к приведенному диаметру жил кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.22. Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и оболочек.

2.3.23. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт – номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м.

2.3.24. Охранные зоны кабельных линий, проложенных в земле в незастроенной местности, должны быть обозначены информационными знаками.

Информационные знаки следует устанавливать не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления кабельных линий.

На информационных знаках должны быть указаны ширина охранных зон кабельных линий и номера телефонов владельцев кабельных линий.

### **Выбор способов прокладки**

2.3.25. При выборе способов прокладки силовых кабельных линий до 35 кВ необходимо руководствоваться следующим:

1. При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей при большом количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

2. Прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях рекомендуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20.

3. Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т.п.

4. При выборе способов прокладки кабелей по территориям городов должны учитываться первоначальные капитальные затраты и затраты, связанные с производством эксплуатационно-ремонтных работ, а также удобство и экономичность обслуживания сооружений.

2.3.26. На территориях электростанций кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, блоках, по эстакадам и в галереях. Прокладка силовых кабелей в траншеях допускается только к удаленным вспомогательным объектам (склады топлива, мастерские) при количестве не более шести. На территориях электростанций общей мощностью до 25 МВт допускается также прокладка кабелей в траншеях.

2.3.27. На территориях промышленных предприятий кабельные линии должны прокладываться в земле (в траншеях), туннелях, блоках, каналах, по эстакадам, в галереях и по стенам зданий.

2.3.28. На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле (в траншеях), наземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях.

2.3.29. В городах и поселках одиночные кабельные линии следует, как правило, прокладывать в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам виде газонов.

2.3.30. По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку кабельных линий в количестве 10 и более в потоке рекомендуется производить в коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и

площадей с совершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта кабельные линии должны прокладываться в блоках или трубах.

2.3.31. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий (открыто и в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

2.3.32. Маслонаполненные кабели могут прокладываться (при любом количестве кабелей) в туннелях и галереях и в земле (в траншеях); способ их прокладки определяется проектом.

### **Выбор кабелей**

2.3.33. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам, проходящим в различных грунтах и условиях окружающей среды, выбор конструкций и сечений кабелей следует производить по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с более легкими условиями не превышает строительной длины кабеля. При значительной длине отдельных участков трассы с различными условиями прокладки для каждого из них следует выбирать соответствующие конструкции и сечения кабелей.

2.3.34. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам с различными условиями охлаждения, сечения кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м. Допускается для кабельных линий до 10 кВ, за исключением подводных, применение кабелей разных сечений, но не более трех при условии, что длина наименьшего отрезка составляет не менее 20 м (смотри также пункт 2.3.68. настоящих Правил).

2.3.35. Для кабельных линий, прокладываемых в земле или воде, должны применяться преимущественно бронированные кабели. Металлические оболочки этих кабелей должны иметь внешний покров для защиты от химических воздействий. Кабели с другими конструкциями внешних защитных покрытий (небронированные) должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах, а также стойкостью по отношению к тепловым и механическим воздействиям при эксплуатационно-ремонтных работах.

2.3.36. Трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления, прокладываемые в земле или воде, должны иметь защиту от коррозии в соответствии с проектом.

2.3.37. В кабельных сооружениях и производственных помещениях при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации рекомендуется прокладывать небронированные кабели, а при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации должны применяться бронированные кабели или защита их от механических повреждений.

Вне кабельных сооружений допускается прокладка небронированных кабелей на недоступной высоте (не менее 2 м); на меньшей высоте прокладка не-

бронированных кабелей допускается при условии защиты их от механических повреждений (коробами, угловой сталью, трубами и т.п.).

При смешанной прокладке (земля – кабельное сооружение или производственное помещение) рекомендуется применение тех же марок кабелей, что и для прокладки в земле (смотри пункт 2.3.35. настоящих Правил), но без горючих наружных защитных покровов.

2.3.38. При прокладке кабельных линий в кабельных сооружениях, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони, а небронированные кабели – поверх металлических оболочек защитных покровов из горючих материалов.

Для открытой прокладки не допускается применять силовые и контрольные кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

Металлические оболочки кабелей и металлические поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены негорючим антикоррозийным покрытием.

При прокладке в помещениях с агрессивной средой должны применяться кабели, стойкие к воздействию этой среды.

2.3.39. Для кабельных линий электростанций, распределительных устройств и подстанций, указанных в пункте 2.3.74. настоящих Правил, рекомендуется применять кабели, бронированные стальной лентой, защищенной негорючим покрытием. На электростанциях применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

2.3.40. Для кабельных линий, прокладываемых в кабельных блоках и трубах, как правило, должны применяться небронированные кабели в свинцовой усиленной оболочке. На участках блоков и труб, а также ответвлений от них длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи. Для кабельных линий, прокладываемых в трубах, допускается применение кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке.

2.3.41. Для прокладки в почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочки кабелей (солончаки, болота, насыпной грунт со шлаком и строительным материалом и т.п.), а также в зонах, опасных из-за воздействия электрокоррозии, должны применяться кабели со свинцовыми оболочками и усиленными защитными покровами типов Б<sub>л</sub>, Б<sub>2л</sub>, или кабели с алюминиевыми оболочками и особо усиленными защитными покровами типов Б<sub>в</sub>, Б<sub>п</sub> (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге).

2.3.42. В местах пересечения кабельными линиями болот кабели должны выбираться с учетом геологических условий, а также химических и механических воздействий.

2.3.43. Для прокладки в почвах, подверженных смещению, должны применяться кабели с проволочной броней или приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами и т.п.).

2.3.44. В местах пересечения кабельными линиями ручьев, их пойм и канав должны применяться такие же кабели, как и для прокладки в земле (смотри также пункт 2.3.97. настоящих Правил).

2.3.45. Для кабельных линий, прокладываемых по железнодорожным мостам, а также по другим мостам с интенсивным движением транспорта, рекомендуется применять бронированные кабели в алюминиевой оболочке.

2.3.46. Для кабельных линий передвижных механизмов должны применяться гибкие кабели с резиновой или другой аналогичной изоляцией, выдерживающей многократные изгибы (смотри также пункт 1.7.11 ПУЭ Раздел I.).

2.3.47. Для подводных кабельных линий следует применять кабели с броней из круглой проволоки, по возможности одной строительной длины. С этой целью разрешается применение одножильных кабелей.

Кабели с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, а также кабели в алюминиевой оболочке без специальных водонепроницаемых покрытий для прокладки в воде не допускаются.

При прокладке кабельных линий через небольшие несудоходные и несплавные реки шириной (вместе с затопляемой поймой) не более 100 м, с устойчивым руслом и дном допускается применение кабелей с ленточной броней.

В местах перехода кабельных линий с берега в море при наличии сильного морского прибоя, при прокладке кабеля на участках рек с сильным течением и размываемыми берегами, а также на больших глубинах (до 40–60 м) следует применять кабель с двойной металлической броней.

2.3.48. Для кабельных линий до 110 кВ включительно рекомендуется применять кабели с пластмассовой изоляцией. Тип и конструкции кабельных маслонаполненных линий напряжением 110–220 кВ определяется проектом.

2.3.49. При прокладке кабельных линий до 35 кВ на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, превышающей допустимую по соответствующим государственным стандартам для кабелей с вязкой пропиткой, должны применяться кабели с нестекающей пропиточной массой, кабели с обеднено-пропитанной бумажной изоляцией и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Для указанных условий кабели с вязкой пропиткой допускается применять только со стопорными муфтами, размещенными по трассе, в соответствии с допустимыми разностями уровней для этих кабелей по соответствующим государственным стандартам.

Разность вертикальных отметок между стопорными муфтами кабельных маслонаполненных линий низкого давления определяется соответствующими техническими условиями на кабель и расчетом подпитки при предельных тепловых режимах.

2.3.50. В четырехпроводных сетях должны применяться четырехжильные кабели. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке напряжением до 1000 В с использованием их оболочки в качестве нулевого провода (четвертой жилы) в четырехпроводных сетях переменного тока (освети-



тельных, силовых и смешанных) с глухозаземленной нейтралью, за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых при нормальных условиях эксплуатации ток в нулевом проводе составляет более 75 % допустимого длительного тока фазного провода.

Использование для указанной цели свинцовых оболочек трехжильных силовых кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

2.3.51. Для кабельных линий до 35 кВ допускается применять одножильные кабели, если это приводит к значительной экономии меди или алюминия в сравнении с трехжильными или если отсутствует возможность применения кабеля необходимой строительной длины. Сечение этих кабелей должно выбираться с учетом их дополнительного нагрева токами, наводимыми в оболочках.

Должны быть также выполнены мероприятия по обеспечению равного распределения тока между параллельно включенными кабелями и безопасного прикосновения к их оболочкам, исключению нагрева находящихся в непосредственной близости металлических частей и надежному закреплению кабелей в изолирующих клицах.

### **Подпитывающие устройства и сигнализация давления масла кабельных маслонаполненных линий**

2.3.52. Маслоподпитывающая система должна обеспечивать надежную работу линии в любых нормальных и переходных тепловых режимах.

2.3.53. Количество масла, находящегося в маслоподпитывающей системе, должно определяться с учетом расхода на подпитку кабеля. Кроме того, должен быть запас масла для аварийного ремонта и заполнения маслом наиболее протяженной секции кабельной линии.

2.3.54. Подпитывающие баки линий низкого давления рекомендуется размещать в закрытых помещениях. Небольшое количество подпитывающих баков (5–6) на открытых пунктах питания рекомендуется располагать в легких металлических ящиках на порталах, опорах и т.п. (при температуре окружающего воздуха не ниже минус 30 °С) Подпитывающие баки должны быть снабжены указателями давления масла и защищены от прямого воздействия солнечного излучения.

2.3.55. Подпитывающие агрегаты линий высокого давления должны быть размещены в закрытых помещениях, имеющих температуру не ниже +10° С, и расположены возможно ближе к месту присоединения к кабельным линиям (смотри также пункт 2.3.129. настоящих Правил). Присоединение нескольких подпитывающих агрегатов к линии производится через масляный коллектор.

2.3.56. При параллельной прокладке нескольких кабельных маслонаполненных линий высокого давления рекомендуется подпитку маслом каждой линии производить от отдельных подпитывающих агрегатов или следует устанавливать устройство для автоматического переключения агрегатов на ту или другую линию.

2.3.57. Подпитывающие агрегаты рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания с обязательным устройством автоматического включения резерва (далее - АВР). Подпитывающие агрегаты должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75ч.

2.3.58. Каждая кабельная маслonaполненная линия должна иметь систему сигнализации давления масла, обеспечивающую регистрацию и передачу дежурному персоналу сигналов о понижении и повышении давления масла сверх допустимых пределов.

2.3.59. На каждой секции кабельной маслonaполненной линии низкого давления должно быть установлено по крайней мере два датчика, на линии высокого давления - датчик на каждом подпитывающем агрегате. Аварийные сигналы должны передаваться на пункт с постоянным дежурством персонала. Система сигнализации давления масла должна иметь защиту от влияния электрических полей силовых кабельных линий.

2.3.60. Подпитывающие пункты на линиях низкого давления должны быть оборудованы телефонной связью с диспетчерскими пунктами (электросети, сетевого района).

2.3.61. Маслonaполненной линией высокого давления, должен прокладываться кабельной маслonaполненной линией высокого давления, должен прокладываться в помещениях с положительной температурой. Допускается прокладка его в утепленных траншеях, лотках, каналах и в земле ниже зоны промерзания при условии обеспечения положительной температуры окружающей среды.

2.3.62. Вибрация в помещении щита с приборами для автоматического управления подпитывающим агрегатом не должна превышать допустимых пределов.

### Соединения и заделки кабелей

2.3.63. При соединении и оконцевании силовых кабелей следует применять конструкции муфт, соответствующие условиям их работы и окружающей среды. Соединения и заделки на кабельных линиях должны быть выполнены так, чтобы кабели были защищены от проникновения в них влаги и других вредных действующих веществ из окружающей среды и чтобы соединения и заделки выдерживали испытательные напряжения для кабельной линии и соответствовали требованиям государственных стандартов.

2.3.64. Для кабельных линий до 35 кВ концевые и соединительные муфты должны применяться в соответствии с действующей технической документацией на муфты, утвержденной в установленном порядке.

2.3.65. Для соединительных и стопорных муфт кабельных маслonaполненных линий низкого давления необходимо применять только латунные или медные муфты.

Длина секций и места установки стопорных муфт на кабельных маслонаполненных линиях низкого давления определяются с учетом подпитки линий маслом в нормальном и переходных тепловых режимах.

Стопорные и полустопорные муфты на кабельных маслонаполненных линиях должны размещаться в кабельных колодцах; соединительные муфты при прокладке кабелей в земле рекомендуется размещать в камерах, подлежащих последующей засыпке просеянной землей или песком.

В районах с электрифицированным транспортом (метрополитен, трамваи, железные дороги) или с агрессивными по отношению к металлическим оболочкам и муфтам кабельных линий почвами соединительные муфты должны быть доступны для контроля.

2.3.66. На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными нестекающей массой, соединения кабелей должны производиться при помощи стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных нестекающей массой (смотри также пункт 2.3.49. настоящих Правил).

2.3.67. На кабельных линиях выше 1000 В, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения кабелей должны производиться горячим вулканизированием с покрытием противосыроостным лаком.

2.3.68. Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий должно быть не более: для трехжильных кабелей 1–10 кВ сечением до  $3 \times 95 \text{ мм}^2$  4 шт.; для трехжильных кабелей 1–10 кВ сечениями  $3 \times 120$ – $3 \times 240 \text{ мм}^2$  5 шт.; для трехфазных кабелей 20–35 кВ 6 шт.; для одножильных кабелей 2 шт.

Для кабельных линий 110–220 кВ число соединительных муфт определяет проект.

Использование маломерных отрезков кабелей для сооружения протяженных кабельных линий не допускается.

### Заземление

2.3.69. Кабели с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 1.7. ПУЭ Раздел I.

2.3.70. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.). На кабелях 6 кВ и выше с алюминиевыми оболочками заземление оболочки и брони должно выполняться отдельными проводниками.

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью, большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако сечение во всех случаях должно быть не менее  $6 \text{ мм}^2$ .

Сечения заземляющих проводников контрольных кабелей следует выбирать в соответствии с требованиями пунктов 1.7.75–1.7.77. ПУЭ Раздел I.

Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броня, металлическая оболочка и муфта должны быть присоединены к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается.

Эстакады галереи должны быть оборудованы молниезащитой согласно отраслевым документам.

2.3.71. На кабельных маслонаполненных линиях низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

На кабелях с алюминиевыми оболочками подпитывающие устройства должны подсоединяться к линиям через изолирующие вставки, а корпуса концевых муфт должны быть изолированы от алюминиевых оболочек кабелей. Указанное требование не распространяется на кабельные линии с непосредственным вводом в трансформаторы.

При применении для кабельных маслонаполненных линий низкого давления бронированных кабелей в каждом колодце броня кабеля с обеих сторон муфты должна быть соединена сваркой и заземлена.

2.3.72. Стальной трубопровод маслонаполненных кабельных линий высокого давления, проложенных в земле, должен быть заземлен во всех колодцах и по концам, а проложенных в кабельных сооружениях – по концам и в промежуточных точках, определяемых расчетами в проекте.

При необходимости активной защиты стального трубопровода от коррозии заземление его выполняется в соответствии с требованиями этой защиты, при этом должна быть обеспечена возможность контроля электрического сопротивления антикоррозийного покрытия

2.3.73. При переходе кабельной линии в воздушную (ВЛ) и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства кабельные муфты (мачтовые) допускается заземлять присоединением металлической оболочки кабеля, если кабельная муфта на другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству или сопротивление заземления кабельной оболочки соответствует требованиям Главы 1.7. ПУЭ Раздел I.

### **Специальные требования к кабельному хозяйству электростанций, подстанций и распределительных устройств**

2.3.74. Требования, приведенные в пунктах 2.3.75–2.3.80 настоящих Правил, распространяются на кабельные хозяйства тепловых и гидроэлектростанций мощностью 25 МВт и более, распределительных устройств и подстанций напряжением 220 – 500 кВ, а также распределительных устройств и подстанций, имеющих особое значение в энергосистеме (смотри также пункт 2.3.111. настоящих Правил).

2.3.75. Главная схема электрических соединений, схема собственных нужд и схема оперативного тока, управление оборудованием и компоновка оборудования и кабельного хозяйства электростанции или подстанции должны выполняться таким образом, чтобы при возникновении пожаров в кабельном хозяйстве или вне его были исключены нарушения работы более чем одного блока электростанции, одновременная потеря взаимно резервирующих присоединений распределительных устройств и подстанций, а также выход из работы систем обнаружения и тушения пожаров.

2.3.76. Для основных кабельных потоков электростанций должны предусматриваться кабельные сооружения (этажи, туннели, шахты и др.), изолированные от технологического оборудования и исключающие доступ к кабелям посторонних лиц.

При размещении потоков кабелей на электростанциях трассы кабельных линий должны выбираться с учетом:

- предотвращения перегрева кабелей от нагретых поверхностей технологического оборудования;

- предотвращения повреждений кабелей при выхлопах (возгораниях и взрывах) пыли через предохранительные устройства пылесистем;

- недопущения прокладки транзитных кабелей в технологических туннелях гидрозолаудаления, помещениях химводоочистки, а также в местах, где располагаются трубопроводы с химически агрессивными жидкостями.

2.3.77. Взаимно резервирующие ответственные кабельные линии (силовые, оперативного тока, средств связи, управления, сигнализации, систем пожаротушения и т.п.) должны прокладываться так, чтобы при пожарах была исключена возможность одновременной потери взаимно резервирующих кабельных линий. На участках кабельного хозяйства, где возникновение аварии угрожает ее большим развитием, кабельные потоки следует делить на изолированные одна от другой группы. Распределение кабелей по группам принимается в зависимости от местных условий.

2.3.78. В пределах одного энергоблока разрешается выполнение кабельных сооружений с пределом огнестойкости 0,25 ч. При этом технологическое оборудование, которое может служить источником пожара (баки с маслом, маслостанции и т.п.), должно иметь ограждения с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, исключающие возможность загорания кабелей при возникновении пожара на этом оборудовании.

В пределах одного энергоблока электростанции разрешается прокладка кабелей вне специальных кабельных сооружений при условии надежной их защиты от механических повреждений и заноса пылью, от искр и огня при производстве ремонта технологического оборудования, обеспечения нормальных температурных условий для кабельных линий и удобства их обслуживания.

Для обеспечения доступа к кабелям при расположении их на высоте 5 м и более должны сооружаться специальные площадки и проходы.

Для одиночных кабелей и небольших групп кабелей (до 20) эксплуатационные площадки могут не сооружаться, но при этом должна быть обеспечена возможность быстрой замены и ремонта кабелей в условиях эксплуатации.

При прокладке кабелей в пределах одного энергоблока вне специальных кабельных сооружений должно обеспечиваться по возможности разделение их на отдельные группы, проходящие по различным трассам.

2.3.79. Кабельные этажи и туннели, в которых размещаются кабели различных энергоблоков электростанции, включая кабельные этажи и туннели под блочными щитами управления, должны быть разделены поблочно и отделены от других помещений, кабельных этажей, туннелей, шахт, коробов и каналов несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, в том числе в местах прохода кабелей.

В местах предполагаемого прохода кабелей через перегородки и перекрытия в целях обеспечения возможности замены и дополнительной прокладки кабелей должна предусматриваться перегородка из несгораемого, легко пробиваемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

В протяженных кабельных сооружениях тепловых электростанций должны предусматриваться аварийные выходы, расположенные, как правило, не реже чем через 50 м.

Кабельные хозяйства электростанций должны быть отделены от отходящих сетевых кабельных туннелей и коллекторов несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2.3.80. Места входа кабелей в помещения закрытых распределительных устройств и в помещении щитов управления и защиты открытых распределительных устройств должны иметь перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Места входа кабелей на блочные щиты управления электростанций должны быть закрыты перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Кабельные шахты должны быть отделены от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч и иметь перекрытия сверху и внизу. Протяженные шахты при проходе через перекрытия, но не реже чем через 20 м должны делиться на отсеки несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Прходные кабельные шахты должны иметь входные двери и быть оборудованы лестницами или специальными скобами.

### **Прокладка кабельных линий в земле**

2.3.81. При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными

плитами толщиной не менее 50 мм; при напряжении ниже 35 кВ – плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля – вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине 1–1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1000 В должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц и т.п., рассматриваются как места, где разрывы производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1000 В, питающих электроприемники I категории\*, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты, удовлетворяющие техническим требованиям, утвержденным инспекцией «Узгосэнергонадзор». Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации и муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

Сигнальная лента должна укладываться в траншею над кабелями на расстоянии 250 мм от их наружных покровов. При расположении в траншее одного кабеля лента должна укладываться по оси кабеля, при большем количестве кабелей края ленты должны выступать за крайние кабели не менее чем на 50 мм. При укладке по ширине траншеи более одной ленты смежные ленты должны прокладываться с нахлестом шириной не менее 50 мм.

При применении сигнальной ленты прокладка кабелей в траншее с устройством подушки для кабелей, присыпка кабелей первым слоем земли и укладка ленты, включая присыпку ленты слоем земли по всей длине, должны производиться в присутствии представителей электромонтажной организации и владельца электросетей.

2.3.82. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее: линий до 20 кВ – 0,7 м; 35 кВ – 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения – 1 м.

Кабельные маслонаполненные линии 110–220 кВ должны иметь глубину заложения от планировочной отметки не менее 1,5 м.

Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, прокладка в трубах).

---

\* По местным условиям, при согласии владельца линии допускается расширение области применения сигнальных лент

Прокладка кабельных линий 6–10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посевы.

2.3.83. Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов зданий и сооружений должно быть не менее 0,6 м. Прокладка кабелей непосредственно в земле под фундаментами зданий и сооружений не допускается. При прокладке транзитных кабелей в подвалах и технических подпольях жилых и общественных зданий следует руководствоваться ЦМЦ.

2.3.84. При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

- 1) 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;
- 2) 250 мм между кабелями 20–35 кВ и между ними и другими кабелями;
- 3) 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;
- 4) 500 мм между маслонаполненными кабелями 110–220 кВ и другими кабелями; при этом кабельные маслонаполненные линии низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро; кроме того, следует производить расчет электромагнитного влияния на кабели связи.

Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение расстояний, указанных в пп. 2 и 3, до 100 мм, а между силовыми кабелями до 10 кВ и кабелями связи, кроме кабелей с цепями, уплотненными высокочастотными системами телефонной связи, до 250 мм при условии защиты кабелей от повреждений, могущих возникнуть при КЗ в одном из кабелей (прокладка в трубах, установка несгораемых перегородок и т.п.).

Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

2.3.85. При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах, проложенных путем подкопки.

При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

2.3.86. При параллельной прокладке расстояния по горизонтали в свету от кабельных линий напряжением до 35 кВ и маслонаполненных кабельных линий до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа должно быть не менее 1 м; до газопроводов низкого (0,0049 МПа), среднего (0,294 МПа) и высокого давления (более 0,294 до 0,588 МПа) – не менее 1 м; до газопроводов высокого давления (более 0,588 до 1,176 МПа) – не менее 2 м; до теплопроводов – смотри пункт 2.3.87 настоящих Правил.



В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний для кабельных линий до 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м без специальной защиты кабелей и до 0,25 м при прокладке кабелей в трубах. Для маслonaполненных кабельных линий 110–220 кВ на участке сближения длиной не более 50 м допускается уменьшение расстояния по горизонтали в свету до трубопроводов, за исключением трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м при условии устройства между маслonaполненными кабелями и трубопроводом защитной стенки, исключающей возможность механических повреждений. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

2.3.87. При прокладке кабельной линии параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м или теплопровод на всем участке сближения с кабельной линией должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10°C для кабельных линий до 10 кВ и 5°C – для линий 20–220 кВ.

2.3.88. При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели должны прокладываться, как правило, вне зоны отчуждения дороги. Прокладка кабелей в пределах зоны отчуждения допускается только по согласованию с организациями ГАЖК «Узбекистон темир йуллари», при этом расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги – не менее 10,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний, при этом кабели на всем участке сближения должны прокладываться в блоках или трубах.

При электрифицированных дорогах на постоянном токе блоки или трубы должны быть изолирующими (асбестоцементные, пропитанные гудроном или битумом и др.)<sup>\*</sup>.

2.3.89. При прокладке кабельной линии параллельно с трамвайными путями расстояние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или трубах, указанных в пункте 2.3.88 настоящих Правил.

2.3.90. При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильными дорогами категорий I и II (смотри пункт 2.5.144. настоящих Правил) кабели должны прокладываться с внешней стороны кювета или подошвы насыпи на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня. Уменьшение указанного расстояния допускается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими управлениями дорог.

2.3.91. При прокладке кабельной линии параллельно с ВЛ 110 кВ и выше расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через крайний провод линии, должно быть не менее 10 м.

---

<sup>\*</sup> Согласно с ГАЖК «Узбекистон темир йуллари».

Расстояние в свету от кабельной линии до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ выше 1000 В должно быть не менее 5 м при напряжении до 35 кВ, 10 м при напряжении 110 кВ и выше. В стесненных условиях расстояние от кабельных линий до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ выше 1000 В допускается не менее 2 м; при этом расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от кабельной линии до опоры ВЛ до 1000 В должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе 0,5 м.

На территориях электростанций и подстанций в стесненных условиях допускается прокладывать кабельные линии на расстояниях не менее 0,5 м от подземной части опор воздушных связей (токопроводов) и ВЛ выше 1000 В, если заземляющие устройства этих опор присоединены к контуру заземления подстанций.

2.3.92\*. При пересечении кабельными линиями других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м; это расстояние в стесненных условиях для кабелей до 35 кВ может быть уменьшено до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс до 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала; при этом кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

2.3.93. При пересечении кабельными линиями трубопроводов, в том числе нефте- и газопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

При пересечении кабельной маслonaполненной линией трубопроводов расстояние между ними в свету должно быть не менее 1 м. Для стесненных условий допускается принимать расстояние не менее 0,25 м, но при условии размещения кабелей в трубах или железобетонных лотках с крышкой.

2.3.94. При пересечении кабельными линиями до 35 кВ теплопроводов расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях – не менее 0,25 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°C по отношению к высшей летней температуре и на 15 °C по отношению к низшей зимней.

В случаях, когда указанные условия не могут быть соблюдены, допускается выполнение, одного из следующих мероприятий: заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м (смотри пункт 2.3.82 настоящих Правил); применение кабельной вставки большего сечения; прокладка кабелей под теплопроводом в трубах на расстоянии от него не менее 0,5 м, при этом грубы должны быть уложены та-

---

\* Согласно с Узбекским агентством связи и информатизации.

ким образом, чтобы замена кабелей могла быть выполнена без производства земляных работ (например, ввод концов труб в камеры).

При пересечении кабельной маслonaполненной линией теплопровода расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях – не менее 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 3 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 5 °С в любое время года.

2.3.95. При пересечении кабельными линиями железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

При пересечении кабельными линиями электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе\* железных дорог блоки и трубы должны быть изолирующими (смотри пункт 2.3.88. настоящих Правил). Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 10 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

Пересечение кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75–90° к оси пути.

Концы блоков и труб должны быть утоплены джутовыми плетеными шнурами, обмазанными водонепроницаемой (мятой) глиной на глубину не менее 300 мм.

При пересечении тупиковых дорог промышленного назначения с малой интенсивностью движения, а также специальных путей (например, на слихах и т.п.) кабели, как правило, должны прокладываться непосредственно в земле.

При пересечении трассы кабельных линий вновь сооружаемой железной неэлектрифицированной дорогой или автомобильной дорогой перекладки действующих кабельных линий не требуется. В месте пересечения должны быть заложены на случай ремонта кабелей в необходимом количестве резервные блоки или трубы с плотно заделанными торцами.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна.

2.3.96. При пересечении кабельными линиями трамвайных путей кабели должны прокладываться в изолирующих блоках или трубах (смотри пункт 2.3.88. настоящих Правил). Пересечение должно выполняться на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

---

\* Согласовано с ГАЖК «Узбекистон темир йуллари»

2.3.97. При пересечении кабельными линиями въездов для автотранспорта во дворы, гаражи и т. д. прокладка кабелей должна производиться в трубах. Таким же способом должны быть защищены кабели в местах пересечения ручьев и канав.

2.3.98. При установке на кабельных линиях кабельных муфт расстояние в свету между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 250 мм.

При прокладке кабельных линий на крутонаклонных трассах установка на них кабельных муфт не рекомендуется. При необходимости установки на таких участках кабельных муфт под ними должны выполняться горизонтальные площадки.

Для обеспечения возможности ремонта муфт в случае их повреждения на кабельной линии требуется укладывать кабель с обеих сторон муфт с запасом.

2.3.99. При наличии по трассе кабельной линии блуждающих токов опасных величин необходимо:

1. Изменить трассу кабельной линии с тем, чтобы обойти опасные зоны.

2. При невозможности изменить трассу предусмотреть меры по максимальному снижению уровней блуждающих токов; применить кабели с повышенной стойкостью к воздействию коррозии; осуществить активную защиту кабелей от воздействия электрокоррозии.

При прокладках кабелей в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов недопустимых значений должна применяться катодная поляризация (установка электродренажей, протекторов, катодная защита). При любых способах подключения электродренажных устройств должны соблюдаться нормы разностей потенциалов на участках отсасывания, предусмотренные ЩМЩ. Применять катодную защиту внешним током на кабелях, проложенных в солончаковых грунтах или засоленных водоемах, не рекомендуется.

Необходимость защиты кабельных линий от коррозии должна определяться по совокупным данным электрических измерений и химических анализов проб грунта. Защита кабельных линий от коррозии не должна создавать условий, опасных для работы смежных подземных сооружений. Запроектированные мероприятия по защите от коррозии должны быть осуществлены до ввода новой кабельной линии в эксплуатацию. При наличии в земле блуждающих токов необходимо устанавливать на кабельных линиях контрольные пункты в местах и на расстояниях, позволяющих определять границы опасных зон, что необходимо для последующего рационального выбора и размещения защитных средств.

Для контроля потенциалов на кабельных линиях допускается использовать места выходов кабелей на трансформаторные подстанции, распределительные пункты и т.д.

## **Прокладка кабельных линий в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках**

2.3.100. Для изготовления кабельных блоков, а также для прокладки кабелей в трубах допускается применять стальные, чугунные, асбестоцементные, бетонные, керамические и тому подобные трубы. При выборе материала для блоков и труб следует учитывать уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

Маслонаполненные однофазные кабели низкого давления необходимо прокладывать только в асбестоцементных и других трубах из немагнитного материала, при этом каждая фаза должна прокладываться в отдельной трубе.

2.3.101. Допустимое количество каналов в блоках, расстояния между ними и их размер должны приниматься согласно пункту 1.3.20. ПУЭ Раздел I.

2.3.102. Каждый кабельный блок должен иметь до 15% резервных каналов, но не менее одного канала.

2.3.103. Глубина заложения в земле кабельных блоков и труб должна приниматься по местным условиям, но быть не менее расстояний, приведенных в пункте 2.3.82 настоящих Правил, считая до верхнего кабеля. Глубина заложения кабельных блоков и труб на закрытых территориях и в полях производственных помещений не нормируется.

2.3.104. Кабельные блоки должны иметь уклон не менее 0,2% в сторону колодцев. Такой же уклон необходимо соблюдать и при прокладке труб для кабелей.

2.3.105. При прокладке труб для кабельных линий непосредственно в земле наименьшие расстояния в свету между трубами и между ними и другими кабелями и сооружениями должны приниматься, как для кабелей, проложенных без труб (смотри пункт 2.3.84. настоящих Правил).

При прокладке кабельных линий в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются, как для прокладки в земле.

2.3.106. В местах, где изменяется направление трассы кабельных линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей и кабельных блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы должны сооружаться также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым тяжением кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжении не выше 35 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом места выхода кабелей из блоков должны быть заделаны водонепроницаемым материалом.

2.3.107. Переход кабельных линий из блоков и труб в здания, туннели, подвалы и т.п. должен осуществляться одним из следующих способов: непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приемков внутри зданий либо камер у их наружных стен.

Должны быть предусмотрены меры, исключающие проникновение через трубы или проемы воды и мелких животных из траншей в здания, туннели и т.п.

2.3.108. Каналы кабельных блоков, трубы, выход из них, а также их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей при протяжке. На выходах кабелей из блоков в кабельные сооружения и камеры должны предусматриваться меры, предотвращающие повреждение оболочек от истирания и растрескивания (применение эластичных подкладок, соблюдение необходимых радиусов изгиба и др.).

2.3.109. При высоком уровне грунтовых вод на территории ОРУ следует отдавать предпочтение надземным способам прокладки кабелей (в лотках или коробках). Надземные лотки и плиты для их покрытия должны быть выполнены из железобетона. Лотки должны быть уложены на специальных бетонных подкладках с уклоном не менее 0,2% по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод. При наличии в днищах надземных лотков проемов, обеспечивающих выпуск ливневых вод, создавать уклон не требуется.

При применении кабельных лотков для прокладки кабелей должны обеспечиваться проезд по территории ОРУ и подъезд к оборудованию машин и механизмов, необходимых для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ. Для этой цели должны быть устроены переезды через лотки при помощи железобетонных плит с учетом нагрузки от проходящего транспорта, с сохранением расположения лотков на одном уровне. При применении кабельных лотков не допускается прокладка кабелей под дорогами и переездами в трубах, каналах и траншеях, расположенных ниже лотков.

Выход кабелей из лотков к шкафам управления и защиты должен выполняться в трубах, не заглубляемых в землю. Прокладка кабельных перемычек в пределах одной ячейки ОРУ допускается в траншее, причем применение в этом случае труб для защиты кабелей при подводке их к шкафам управления и релейной защиты не рекомендуется. Защита кабелей от механических повреждений должна выполняться другими способами (с применением уголка, швеллера и др.).

### **Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях**

2.3.110. Кабельные сооружения всех видов должны выполняться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в размере 15 % количества кабелей, предусмотренного проектом (замена кабелей в процессе монтажа, дополнительная прокладка в последующей эксплуатации и др.).

2.3.111. Кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на

отсеки длиной не более 150 м при наличии силовых и контрольных кабелей и не более 100 м при наличии маслонаполненных кабелей. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м<sup>2</sup>.

Двери в кабельных сооружениях и перегородках с пределом огнестойкости 0,75 ч должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч в электроустановках, перечисленных в пункте 2.3.74 настоящих Правил, и 0,6 ч в остальных электроустановках.

Выходы из кабельных сооружений должны предусматриваться наружу или в помещения с производствами категорий Г и Д. Количество и расположение выходов из кабельных сооружений должно определяться, исходя из местных условий, но их должно быть не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход.

Двери кабельных сооружений должны быть samozакрывающимися, с уплотненными притворами. Выходные двери из кабельных сооружений должны открываться наружу и должны иметь замки, отпираемые из кабельных сооружений без ключа, а двери между отсеками должны открываться по направлению ближайшего выхода и оборудоваться устройствами, поддерживающими их в закрытом положении.

Проходные кабельные эстакады с мостиками обслуживания должны иметь входы с лестницами. Расстояние между входами должно быть не более 150 м. Расстояние от торца эстакады до входа на нее не должно превышать 25 м.

Входы должны иметь двери, предотвращающие свободный доступ на эстакады лицам, не связанным с обслуживанием кабельного хозяйства. Двери должны иметь samozапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны эстакады.

Расстояние между входами в кабельную галерею при прокладке в ней кабелей не выше 35 кВ должно быть не более 150 м, а при прокладке маслонаполненных кабелей – не более 120 м.

Наружные кабельные эстакады и галереи должны иметь основные несущие строительные конструкции (колонны, балки) из железобетона с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или из стального проката с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Несущие конструкции зданий и сооружений, которые могут опасно деформироваться или снизить механическую прочность при горении групп (потоков) кабелей, проложенных вблизи этих конструкций на наружных кабельных эстакадах и галереях, должны иметь защиту, обеспечивающую предел огнестойкости защищаемых конструкций не менее 0,75 ч.

Кабельные галереи должны делиться на отсеки несгораемыми противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Длина отсеков галерей должна быть не более 150 м при прокладке в них кабелей до 35 кВ и не более 120 м при прокладке маслонаполненных кабелей. На наружные кабельные галереи, закрытые частично, указанные требования не распространяются.

2.3.112. В туннелях и каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических вод и масла, а также должен быть обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Полы в них должны иметь уклон не менее 0,5% в сторону водосборников или ливневой канализации. Проход из одного отсека туннеля в другой при их расположении на разных уровнях должен быть осуществлен с помощью пандуса с углом подъема не выше 15°. Устройство ступеней между отсеками туннелей запрещается. В кабельных каналах, сооружаемых вне помещений и расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается земляное дно с дренирующей подсыпкой толщиной 10–15 см из трамбованного гравия или песка.

В туннелях должны быть предусмотрены дренажные механизмы; при этом рекомендуется применять автоматический их пуск в зависимости от уровня воды. Пусковые аппараты и электродвигатели должны иметь исполнение, допускающее их работу в особо сырых местах.

При переходах эстакады и галереи проходного типа с одной отметки на другую должен быть выполнен пандус с уклоном не более 15°. Как исключение, допускается устройство лестницы с уклоном 1:1.

2.3.113. Кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и помещениях должны перекрываться съемными несгораемыми плитами. В электромашинных и тому подобных помещениях каналы рекомендуется перекрывать рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами – деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту жестью. Перекрытие каналов и двойных полов должно быть рассчитано на передвижение по нему соответствующего оборудования.

2.3.114. Кабельные каналы вне зданий должны быть засыпаны поверх съемных плит слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях засыпка кабельных каналов землей поверх съемных плит не обязательна. Масса отдельной плиты перекрытия, снимаемой вручную, не должна превышать 70 кг. Плиты должны иметь приспособление для подъема.

2.3.115. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей, сооружение кабельных каналов не допускается. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях.

2.3.116. Подземные туннели вне зданий должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

2.3.117. При совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях дополнительный нагрев воздуха теплопроводом в месте расположения кабелей в любое время года не должен превышать 5° С, для чего должны быть предусмотрены вентиляция и теплоизоляция на трубах.

2.3.118. В кабельных сооружениях кабели рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами, а контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями до 1000 В.



2.3.119. Маслонаполненные кабели следует прокладывать, как правило, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями, при этом маслонаполненные кабели следует размещать в нижней части кабельного сооружения и отделять от других кабелей горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками следует отделять одну от другой маслонаполненные кабельные линии.

2.3.120. Необходимость применения и объем автоматических стационарных средств обнаружения и тушения пожаров в кабельных сооружениях должны определяться на основании ведомственных документов, утвержденных в установленном порядке.

В непосредственной близости от входа, люков и вентиляционных шахт (в радиусе не более 25 м) должны быть установлены пожарные краны. Для эстакад и галерей пожарные гидранты должны располагаться с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки оси трассы эстакады и галереи до ближайшего гидранта не превышало 100 м.

2.3.121. В кабельных сооружениях прокладку контрольных кабелей и силовых кабелей сечением  $25 \text{ мм}^2$  и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, следует выполнять по кабельным конструкциям (консолям).

Контрольные небронированные кабели, силовые небронированные кабели со свинцовой оболочкой и небронированные силовые кабели всех исполнений сечением  $16 \text{ мм}^2$  и менее следует прокладывать по лоткам или перегородкам (сплошным или несплошным).

Допускается прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м; при этом расстояние между группой силовых кабелей выше 1000 В и группой контрольных кабелей должно быть не менее 100 мм или эти группы кабелей должны быть разделены несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Расстояния между отдельными кабелями приведены в Таблице 2.3.1. настоящих Правил.

Засыпка силовых кабелей, проложенных в каналах, песком запрещается (исключение смотри в Главе 7.3. ПУЭ Раздел VII.).

В кабельных сооружениях высота, ширина проходов и расстояние между конструкциями и кабелями должны быть не менее приведенных в Таблице 2.3.1. настоящих Правил. По сравнению с приведенными в таблице расстояниями допускается местное сужение проходов до 800 мм или снижение высоты до 1,5 м на длине 1,0 м с соответствующим уменьшением расстояния между кабелями по вертикали при одностороннем и двустороннем расположении конструкции.

### Наименьшее расстояние для кабельных сооружений

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1800	не ограничивается, но не более 1200 мм
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
По вертикали между горизонтальными конструкциями* для силовых кабелей напряжением до 10 кВ 20–35 кВ 110 кВ и выше для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3х25 мм <sup>2</sup> напряжением до 1000 В	смотри Таблицу 2.3.1 А настоящих Правил 250 300**	200 250
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения	800–1000	
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ	смотри пункт 2.3.3 настоящих Правил	
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи ***	смотри Таблицу 2.3.1 А настоящих Правил	
По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля

2.3.122. Прокладка контрольных кабелей допускается пучками на лотках и многослойно в металлических коробах при соблюдении следующих условий:

1. Наружный диаметр пучка кабелей должен быть не более 100 мм.
2. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.
3. В пучках и многослойно должны прокладываться только кабели с однотипными оболочками.

\* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.

\*\* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.

\*\*\* В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.

4. Крепление кабелей в пучках, многослойно в коробах, пучков кабелей к лоткам следует выполнять так, чтобы была предотвращена деформация оболочек кабелей под действием собственного веса и устройств крепления.

5. В целях пожарной безопасности внутри коробов должны устанавливаться огнепреградительные пояса: на вертикальных участках – на расстоянии не более 20 м, а также при проходе через перекрытие; на горизонтальных участках – при проходе через перегородки.

6. В каждом направлении кабельной трассы следует предусматривать запас емкости не менее 15% общей емкости коробов.

Прокладка силовых кабелей пучками и многослойно не допускается.

2.3.123\* В местах, насыщенных подземными коммуникациями, допускается выполнение полупроходных туннелей высотой, уменьшенной по сравнению с предусмотренной в Таблице 2.3.1 настоящих Правил, но не менее 1,5 м, при условии выполнения следующих требований: напряжение кабельных линий должно быть не выше 10 кВ; протяженность туннеля должна быть не более 100 м; остальные расстояния должны соответствовать приведенным в Таблице 2.3.1 настоящих Правил, на концах туннеля должны быть выходы или люки.

2.3.124. Маслонаполненные кабели низкого давления должны крепиться на металлических конструкциях таким образом, чтобы была исключена возможность образования вокруг кабелей замкнутых магнитных контуров; расстояние между местами крепления должно быть не более 1 м.

Стальные трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления могут прокладываться на опорах или подвешиваться на подвесках; расстояние между опорами или подвесками определяется проектом линии. Кроме того, трубопроводы должны закрепляться на неподвижных опорах для предотвращения возникновения в трубопроводах температурных деформаций в условиях эксплуатации.

Воспринимаемые опорами нагрузки от веса трубопровода не должны приводить к каким-либо перемещениям или разрушениям фундаментов опор. Количество указанных опор и места их расположения определяются проектом.

Механические опоры и крепления разветвительных устройств на линиях высокого давления должны предотвращать раскачивание труб разветвлений, образование замкнутых магнитных контуров вокруг них, а в местах креплений или касаний опор должны быть предусмотрены изолирующие прокладки.

2.3.125. Высота кабельных колодцев должна быть не менее 1,8 м; высота камер не нормируется. Кабельные колодцы для соединительных, стопорных и полустопорных муфт должны иметь размеры, обеспечивающие монтаж муфт без разрывтия.

Береговые колодцы на подводных переходах должны иметь размеры, обеспечивающие размещение резервных кабелей и подпитывающих аппаратов.

---

\* Согласовано с ЦК профсоюза работников топливно-энергетической, геологической и химической промышленности Узбекистана

В полу колодца должен быть устроен приямок для сбора грунтовых и ливневых вод; должно быть также предусмотрено водоотливное устройство в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 2.3.112. настоящих Правил.

Кабельные колодцы должны быть снабжены металлическими лестницами.

В кабельных колодцах кабели и соединительные муфты должны быть уложены на конструкциях, лотках или перегородках.

2.3.126. Люки кабельных колодцев и туннелей должны иметь диаметр не менее 650 мм и закрываться двойными металлическими крышками, из которых нижняя должна иметь приспособление для закрывания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Крышки должны иметь приспособления для их снятия. Внутри помещений применение второй крышки не требуется.

2.3.127. На соединительных муфтах силовых кабелей напряжением 6–35 кВ в туннелях, кабельных этажах и каналах должны быть установлены специальные защитные кожухи для локализации пожаров и взрывов, которые могут возникнуть при электрических пробоях в муфтах.

2.3.128. Концевые муфты на кабельных маслонаполненных линиях высокого давления должны располагаться в помещениях с положительной температурой воздуха или быть оборудованы автоматическим обогревом при снижении температуры окружающего воздуха ниже +5°C.

2.3.129. При прокладке маслонаполненных кабелей в галереях необходимо предусмотреть отопление галерей в соответствии с техническими условиями на маслонаполненные кабели.

Помещения маслоподпитывающих агрегатов линий высокого давления должны иметь естественную вентиляцию. Подземные подпитывающие пункты допускается совмещать с кабельными колодцами; при этом колодцы должны быть оборудованы водоотливными устройствами в соответствии с пунктом 2.3.125. настоящих Правил.

2.3.130. Кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер, должны быть обеспечены естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека должна быть независимой.

Расчет вентиляции кабельных сооружений определяется, исходя из перепада температур между поступающим и удаляемым воздухом не более 10 °С. При этом должно быть предотвращено образование мешков горячего воздуха в сужениях туннелей, поворотах, обходах и т.д.

Вентиляционные устройства должны быть оборудованы заслонками (шиберами) для прекращения доступа воздуха в случае возникновения возгорания, а также для предупреждения промерзания туннеля в зимнее время. Исполнение вентиляционных устройств должно обеспечивать возможность применения автоматики прекращения доступа воздуха в сооружения.

При прокладке кабелей внутри помещений должен быть предотвращен перегрев кабелей за счет повышенной температуры окружающего воздуха и влияния технологического оборудования.

Кабельные сооружения, за исключением колодцев для соединительных муфт, каналов, камер и открытых эстакад, должны быть оборудованы электрическим освещением и сетью для питания переносных светильников и инструмента. На тепловых электростанциях сеть для питания инструмента допускается не выполнять.

2.3.131. Прокладка кабелей в коллекторах, технологических галереях и по технологическим эстакадам выполняется в соответствии с требованиями ЩМЩ.

Наименьшие расстояния в свету от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений должны соответствовать приведенным в Таблице 2.3.2. настоящих Правил.

Пересечение кабельных эстакад и галерей с воздушными линиями электропередачи, внутризаводскими железными и автомобильными дорогами, пожарными проездами, канатными дорогами, воздушными линиями связи и радиодификации и трубопроводами рекомендуется выполнять под углом не менее  $30^\circ$ .

Расположение эстакад и галерей во взрывоопасных зонах – смотри Главу 7.3 ПУЭ Раздел VII., расположение эстакад и галерей в пожароопасных зонах – смотри Главу 7.4. ПУЭ Раздел VII.

При параллельном следовании эстакад и галерей с воздушными линиями связи и радиодификации наименьшие расстояния между кабелями и проводами линии связи и радиодификации определяются на основании расчета влияния кабельных линий на линии связи и радиодификации. Провода связи и радиодификации могут располагаться под и над эстакадами и галереями.

Наименьшая высота кабельной эстакады и галереи в непроезжей части территории промышленного предприятия должна приниматься из расчета возможности прокладки нижнего ряда кабелей на уровне не менее 2,5 м от планировочной отметки земли.

**Наименьшие расстояния в свету между кабелями в кабельных сооружениях,  
обеспечивающие нераспространение горения по кабельным потокам**

№ пп	Расположение кабелей в потоке	Назначение кабелей, напряжение	Исполнение кабеля	Наименьшее расстояние в свету между кабелями в потоке				
				При горизонтальной прокладке		При вертикальной прокладке		
				Нормируемое расстояние	Значение расстояния, мм	Нормируемое расстояние	Значение расстояния, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Однорядный или слой кабелей	Силовой до 10 кВ	Общепромышленное	По горизонтали между кабелями в ряду	ДК	По горизонтали между кабелями в ряду	1,5 ДК	
			Общепромышленное с покрытием ОЗС	То же	ДК	То же	ДК	
		Силовой до 1000 В с сечением жил до 25 мм <sup>2</sup> , контрольный, управляющий и т.п.	С индексом НГ или НЛ	То же	То же	ДК	То же	ДК
			Общепромышленное	То же	Не нормируется	То же	1,5 ДК	
			С индексом НГ или НЛ	То же	То же	То же	То же	

\* - в том числе в коробах типа ККБ; ОЗС - огнезащитный состав; ДК - наружный диаметр кабеля, ДП - наружный диаметр пучка кабелей

2	Одиночный ряд пучков кабелей	Контрольный, управления и т.п.	Общепромышленное	По горизонтали между пучками кабелей в ряду	Не нормируется	По горизонтали между пучками кабелей в ряду	1,5 ДК	
				По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	По горизонтали между кабелями и кабельным сооружением	300	
				По горизонтали между пучками кабелей в ряду	Не нормируется	По горизонтали между пучками кабелей в ряду	Не нормируется	
	Много-слойно в одиночном боком лотке	Контрольный, управления и т.п.	Общепромышленное	С индексом НГ или НЛ	По горизонтали между пучками кабелей в ряду	Не нормируется	По горизонтали между пучками кабелей в ряду	То же
				С индексом НГ или НЛ	По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	По горизонтали между кабелями и кабельным сооружением	Не нормируется
					Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)	Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)
3	Контрольный, управления и т.п.	Общепромышленное	С индексом НГ или НЛ	По вертикали между верхним слоем кабелей и перекрытием или покрытием	300	По горизонтали между верхним слоем кабелей и верхними кромками бортов лотка	Не более 0,6 высоты бортов лотка	
				Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)	Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)	

Продолжение Таблица 2.3.1.А

			Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)	Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)
		Общепромышленное с покрытием ОЗС	По вертикали между верхним слоем кабелей и перекрытием или покрытием	300	По горизонтали между верхним слоем кабелей и верхними кромками бортов лотка	Не нормируется
		С индексом НГ или НЛ	Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)	Между кабелями в лотке	Без зазоров (вплотную)
			По вертикали между верхним слоем кабелей и перекрытием или покрытием	300	По горизонтали между верхним слоем кабелей и верхними кромками бортов лотка	Не нормируется
		Общепромышленное	По вертикали между соседними рядами кабелей	250	По горизонтали между соседними рядами кабелей	300
			По горизонтали между кабелями в рядах	ДК	По горизонтали между кабелями в рядах	1,5 ДК
		Общепромышленное с покрытием ОЗС	По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	—	—
			По вертикали между соседними рядами кабелей	200	По горизонтали между соседними рядами кабелей	200
		Много-рядное (по одному слою в каждом ряду)	По горизонтали между кабелями в рядах	ДК	По горизонтали между кабелями в рядах	ДК
4	Силовой, до 10 кВ					



			По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	—	—
			По вертикали между соседними рядами кабелей	100	По горизонтали между соседними рядами кабелей	100
		С индексом НГ или НЛ	По горизонтали между кабелями в рядах	ДК	По горизонтали между кабелями в рядах	ДК
			По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	—	—
		Общепромышленное	По вертикали между соседними рядами кабелей	250	По горизонтали между соседними рядами кабелей	300
			По горизонтали между кабелями в рядах	Не нормируется	По горизонтали между кабелями в рядах	1,5 ДК
		Общепромышленное с покрытием ОЗС	По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	—	—
			По вертикали между соседними рядами кабелей	200	По горизонтали между соседними рядами кабелей	200
		Силовой, до 1000 В с сечением жил до 25мм <sup>2</sup> . Контрольный, управления и т.п.	По горизонтали между кабелями в рядах	Не нормируется	По горизонтали между кабелями в рядах	Не нормируется
			По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	—	—

Продолжение Таблица 2.3.1.А

				По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	-	-
				По вертикали между соседними рядами кабелей	150	По горизонтали между соседними рядами кабелей	150
			С индексом НГ или ПЛ	По горизонтали между кабелями в рядах	Не нормируется	По горизонтали между кабелями в рядах	Не нормируется
				По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	-	-
				По вертикали между соседними рядами пучков	250	По горизонтали между соседними рядами пучков	300
			Общепромышленное	По горизонтали между пучками в рядах	1,5 ДП	По горизонтали между пучками в рядах	1,5 ДП
				По вертикали между кабелями и перекрытием или покрытием	300	-	-
				По вертикали между соседними рядами пучков	200	По горизонтали между соседними рядами пучков	200
			Общепромышленное с покрытием ОЭС	По горизонтали между пучками в рядах	Не нормируется	По горизонтали между пучками в рядах	Не нормируется
				По вертикали между пучками верхнего ряда и перекрытием или покрытием	300	-	-
5	Много-рядное пучками	Контрольный, управления и т п					

Продолжение Таблица 2.3.1.А

			По вертикали между соседними рядами пучков	150	По горизонтали между соседними рядами пучков	150
			По горизонтали между пучками в рядах	Не нормируется	По горизонтали между пучками в рядах	ДП
		С индексом НГ или НЛ	По вертикали между пучками верхнего ряда и пучками нижнего ряда с покрытием	300	-	-
			По вертикали между кабелями соседних лотков	250	По горизонтали между кабелями соседних лотков	300
			Между кабелями в лотках	Не нормируется	Между кабелями в лотках	Не нормируется
		Общепромышленное	По вертикали между кабелями верхнего лотка и пучками нижнего лотка с покрытием	300	По горизонтали между верхними слоями кабелей в лотках и верхними кромками бортов лотков	Не более 0.6 высоты бортов в каждом лотке
			По вертикали между кабелями соседних лотков	200	По горизонтали между кабелями соседних лотков	200
		Общепромышленное с покрытием ОЗС	Между кабелями в лотках	Не нормируется	Между кабелями в лотках	Не нормируется
		Контрольный, управления и т п				
	Много-рядное в глубоких лотках					
6						

Продолжение Таблица 2.3.1.А

			По вертикали между кабелями верхнего лотка и покрытием или покрытием	300	По горизонтали между верхними слоями кабелей в лотках и верхними кромками бортов лотков	Не нормируется
			По вертикали между кабелями соседних лотков	150	По горизонтали между кабелями соседних лотков	150
			Между кабелями в лотках	Не нормируется	Между кабелями в лотках	Не нормируется
		С индексом ПГ и НЛ	По вертикали между кабелями верхнего лотка и покрытием или покрытием	300	По горизонтали между верхними слоями кабелей в лотках и верхними кромками бортов лотков	Не нормируется

**Наименьшее расстояние от кабельных эстакад и галерей  
до зданий и сооружений**

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
<b>При параллельном следовании, по горизонтали</b>		
Здания и сооружения с глухими стенами	От конструкции эстакады и галереи до стены здания и сооружения	Не нормируется
Здания и сооружения, имеющие стены с проемами	То же	2
Внутризаводская неэлектрофицированная железная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита приближения строений	1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад
Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды	От конструкции эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги	2
Канатная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита подвижного состава	1
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до провода	смотри пункт 2.5.110 настоящих Правил
<b>При пересечении, по вертикали</b>		
Внутризаводская неэлектрофицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галерей до головки рельса	5,6
Внутризаводская электрофицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галерей до головки рельса до наивысшего провода или несущего троса контактной сети	7,1 3
Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд)	От нижней отметки эстакады и галерей до полотна автомобильной дороги (пожарного проезда)	4,5
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галерей до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галерей до провода	смотри пункт 2.5.109 настоящих Правил
Воздушная линия связи и радиотелефонии	То же	1,5

## **Прокладка кабельных линий в производственных помещениях**

2.3.132. При прокладке кабельных линий в производственных помещениях должны быть выполнены следующие требования:

1. Кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные – и для осмотра.

Кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов и транспорта, должны быть защищены от повреждений в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 2.3.15. настоящих Правил

2. Расстояние в свету между кабелями должно соответствовать приведенному в Таблице 2.3.1. настоящих Правил.

3. Расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями и всякого рода трубопроводами, как правило, должно быть не менее 0,5 м, а между газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями – не менее 1 м. При меньших расстояниях сближения и при пересечениях кабели должны быть защищены от механических повреждений (металлическими трубами, кожухами и т.п.) на всем участке сближения плюс по 0,5 м с каждой его стороны, а в необходимых случаях защищены от перегрева.

Пересечения кабелями проходов должны выполняться на высоте не менее 1,8 м от пола.

Параллельная прокладка кабелей над и под маслопроводами и трубопроводами с горючей жидкостью в вертикальной плоскости не допускается.

2.3.133. Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах; заделка в них кабелей наглухо не допускается. Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены может производиться в трубах или проемах; после прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах запрещается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы.

Открытая прокладка кабеля по лестничным клеткам не допускается.

## **Подводная прокладка кабельных линий**

2.3.134. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т.п. кабели должны прокладываться преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию (пересечение ручьев – смотри пункт 2.3.44 настоящих Правил). При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно должно быть сделано с учетом местных условий. Глубина заложения кабелей определяется проектом. Прокладка кабелей в зонах пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж не рекомендуется.

2.3.135. Прокладка кабельных линий должна производиться по дну таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы должны быть устранены. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе следует обходить или предусматривать в них траншеи или проходы.

2.3.136. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т.п. кабели, как правило, должны заглубляться в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках, а также на судоходных и сплавных путях; 2 м при пересечении кабельными маслonaполненными линиями.

В водоемах, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели заглубляются в дно до отметки, определяемой по согласованию с организациями водного транспорта.

При прокладке кабельных маслonaполненных линий 110–220 кВ на судоходных реках и каналах в целях защиты их от механических повреждений рекомендуется заполнять траншеи мешками с песком с последующей наброской камней.

2.3.137. Расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов и т.п. с шириной водоема до 100 м, рекомендуется принимать не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные кабельные линии должны прокладываться на расстоянии от действующих кабельных линий не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

При прокладке в воде кабелей низкого давления на глубине 5–15 м и при скорости течения, не превышающей 1 м/с, расстояния между отдельными фазами (без специальных креплений фаз между собой) рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а расстояния между крайними кабелями параллельных линий – не менее 5 м.

При подводных прокладках на глубине более 15 м, а также при скоростях течения более 1 м/с расстояния между отдельными фазами и линиями принимаются в соответствии с проектом.

При параллельной прокладке под водой кабельных маслonaполненных линий и линий до 35 кВ расстояние по горизонтали между ними в свету должно быть не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м.

Расстояние по горизонтали от кабелей, заглубляемых в дно рек, каналов и других водоемов, до трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов и т.п.) должно определяться проектом в зависимости от вида дноуглубительных работ, выполняемых при прокладках трубопроводов и кабелей, и быть не менее 50 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 15 м по согласованию с организациями, в ведении которых находятся кабельные линии и трубопроводы.

2.3.138. На берегах без усовершенствованных набережных в месте подводного кабельного перехода должен быть предусмотрен резерв длиной не менее 10 м, который укладывается восьмеркой. На усовершенствованных набережных кабели должны прокладываться в трубах. В месте выхода кабелей, как правило, должны быть устроены кабельные колодцы. Верхний конец трубы

должен входить в береговой колодец, а нижний находится на глубине не менее 1 м от наименьшего уровня воды. На береговых участках трубы должны быть прочно заделаны.

2.3.139. В местах, где русло и берега подвержены размыву, необходимо принять меры против обнажения кабелей при ледоходах и наводнениях путем укрепления берегов (замошение, отбойные дамбы, сваи, шпунты, плиты и т. д.)

2.3.140. Пересечение кабелей между собой под водой запрещается.

2.3.141. Подводные кабельные переходы должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками согласно действующим правилам плавания.

2.3.142. При прокладке в воде трех и более кабелей до 35 кВ должен быть предусмотрен один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде кабельных маслонаполненных линий из однофазных кабелей должен быть предусмотрен резерв: для одной линии – одна фаза, для двух линий – две фазы, для трех и более – по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз.

### **Прокладка кабельных линий по специальным сооружениям**

2.3.143. Прокладка кабельных линий по каменным, железобетонным и металлическим мостам должна выполняться под пешеходной частью моста в каналах или в отдельных для каждого кабеля несгораемых трубах; необходимо предусмотреть меры по предотвращению стока ливневых вод по этим трубам. По металлическим и железобетонным мостам и при подходе к ним кабели рекомендуется прокладывать в асбестоцементных трубах. В местах перехода с конструкций моста в грунт кабели рекомендуется прокладывать также в асбестоцементных трубах.

Все подземные кабели при прохождении по металлическим и железобетонным мостам должны быть электрически изолированы от металлических частей моста.

2.3.144. Прокладка кабельных линий по деревянным сооружениям (мостам, причалам, пирсам и т.п.) должна выполняться в стальных трубах.

2.3.145. В местах перехода кабелей через температурные швы мостов и с конструкций мостов на устои должны быть приняты меры для предотвращения возникновения в кабелях механических усилий.

2.3.146. Прокладка кабельных линий по плотинам, дамбам, пирсам и причалам непосредственно в земляной траншее допускается при толщине слоя земли не менее 1м.

2.3.147. Прокладка кабельных маслонаполненных линий по мостам не допускается.



## Глава 2.4 Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В

### Область применения, определения

2.4.1. Настоящая Глава Правил распространяется на ВЛ до 1000 В, выполняемые с применением изолированных проводов, в том числе самонесущих изолированных проводов (СИП). Самонесущие изолированные провода должны иметь изоляцию из трудно сгораемого светостабилизированного синтетического материала, стойкого к интенсивной солнечной радиации. Настоящие Правила не распространяются на ВЛ, сооружение которых определяется особыми правилами и нормами (контактные сети городского электротранспорта и т.п.).

Дополнительные требования к ВЛ до 1000 В приведены в Главе 6.3 ПУЭ Раздел VI и Главе 7.7. ПУЭ Раздел VII

Кабельные вставки в линию и кабельные ответвления от линии должны выполняться в соответствии с требованиями Главы 2.3. настоящих Правил.

2.4.2. **Воздушной линией электропередачи до 1000В** называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

**Ответвлением от ВЛ до 1000 В к вводу** называется участок проводов от опоры ВЛ до ввода.

2.4.3. **Нормальным режимом ВЛ до 1000В** называется состояние ВЛ при сборованных проводах.

**Аварийным режимом ВЛ до 1000В** называется состояние ВЛ при оборванных проводах.

**Воздушной линией электропередачи напряжением до 1000 В с самонесущими изолированными проводами (далее - ВЛИ)** называется устройство скрученным в жгут проводом, расположенным на открытом воздухе и прилепленным при помощи узлов крепления, крюков, кронштейнов и арматуры к опорам, стенам зданий и сооружениям. Механическая нагрузка может восприниматься несущей жилой или всеми проводниками жгута.

### Общие требования

2.4.4. Механический расчет проводов ВЛ должен производиться по методу допускаемых напряжений, а расчет изоляторов и арматуры – по методу разрушающих нагрузок. Расчет опор и фундаментов ВЛ производится по методу расчетных предельных состояний в соответствии с КМК. Нормативные нагрузки определяются в соответствии с настоящими Правилами.

2.4.5. Воздушные линии электропередачи должны размещаться так, чтобы опоры не загромождали входов в здания и въездов во дворы и не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда

транспорта (у въездов во дворы, вблизи съездов с дорог, при пересечении дорог и т.п.), опоры должны быть защищены от наезда (например, отбойными тумбами).

2.4.6. На опорах ВЛ на высоте 2,5–3 м от земли должны быть установлены (нанесены): порядковый номер и год установки опоры; плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи (на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры ВЛ до кабелей связи), информационные знаки с указанием ширины охранной зоны ВЛ и номера телефона владельца ВЛ.

2.4.7. Металлические конструкции, бандажи и т.п. на опорах ВЛ должны быть защищены от коррозии.

### Расчетные климатические условия

2.4.8. Климатические условия для расчета ВЛ должны приниматься в соответствии с картами климатического районирования Республики Узбекистан и региональными картами по скоростному напору ветра и толщине стенки гололеда, а значения нормативных скоростных напоров ветра и толщин стенок гололеда – исходя из повторяемости 1 раз в 5 лет и высоты подвеса проводов до 12 м (смотри пункты 2.5.24 и 2.5.31. настоящих Правил).

Для ВЛ, сооружаемых в местах, защищенных от воздействия поперечных ветров (населенные пункты со сплошной застройкой, лесные массивы и садово-парковые насаждения со средней высотой зданий или деревьев не менее 2/3 высоты опор ВЛ, горные долины, ущелья и т.п.), нормативный скоростной напор ветра следует принимать по Таблице 2.4.1. настоящих Правил.

Таблица 2.4.1.

#### Нормативный скоростной напор ветра для ВЛ, защищенных от воздействия поперечных ветров

Район Республики Узбекистан по ветру	Скоростной напор ветра, даН/м <sup>2</sup> (кгс/м <sup>2</sup> )	Скорость ветра, м/с
I	15,7(16)	16
II	20,6(21)	18
III	26,5(27)	21
IV	34,3(35)	24
V	44,1(45)	27
VI	53,9(55)	30

При расчете проводов на ветровые нагрузки направление ветра следует принимать под углом 90° к ВЛ.

При расчете опор следует принимать направление ветра, дающее наиболее невыгодное сочетание внешних сил, действующих на опору.

Давление ветра на провода следует определять в соответствии с пунктом 2.5.30. настоящих Правил.

Значение высшей температуры воздуха принимается по данным фактических наблюдений, а низшей температуры – по данным повторяемости 1 раз в 5 лет. Эти значения округляются до значений, кратных пяти.

2.4.9. Провода ВЛ следует рассчитывать для работы в нормальном режиме, исходя из различных климатических условий по ветровым и гололедным нагрузкам в соответствии с

2.4.10. Толщину стенки гололеда следует принимать равной: 5 мм – в I и II районах по гололеду, 10 мм – в III районе, 15 мм – в IV районе и 20 мм и более – в особом районе по гололеду.

2.4.10. При расчете ВЛ необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

1. Высшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
2. Низшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
3. Провода покрыты гололедом, температура минус 5°C, ветер отсутствует.
4. Нормативный скоростной напор ветра  $q_{max}$  (смотри Таблицу 2.5.1 настоящих Правил), температура минус 5°C, гололед отсутствует.
5. Провода покрыты гололедом, температура минус 5°C, скоростной напор ветра 0,25  $q_{max}$  (скорость ветра 0,5  $V_{max}$ ) При этом для ВЛ в IV и более районах по гололеду скоростной напор ветра следует принимать равным не менее 14,7 даН/м<sup>2</sup>.

Для районов со средней годовой температурой минус 5°C и ниже температуры в пп. 4 и 5 следует принимать равной минус 10°C.

2.4.11. Проверка приближения проводов к зданиям, строениям и сооружениям должна производиться из расчета нормативной скорости ветра и высшей температуры.

### **Провода, арматура**

2.4.12. Для ВЛ могут применяться одно- и многопроволочные провода; применение расплетенных проводов не допускается.

По условиям механической прочности на ВЛ следует применять провода сечением не менее: алюминиевые 16 мм<sup>2</sup>, сталесамые алюминиевые и биметаллические 10 мм<sup>2</sup>, стальные многопроволочные 25 мм<sup>2</sup>, стальные однопроволочные 4 мм (диаметр).

Применение однопроволочных стальных проводов диаметром более 5 мм и однопроволочных биметаллических проводов диаметром более 6,5 мм не допускается.

Для ответвлений от ВЛ к вводам допускается применение неизолированных и изолированных проводов марок и сечений, указанных в Таблице 2.4.2. настоящих Правил.

**Наименьшее сечение или диаметр проводов ответвлений  
от ВЛ к вводам**

Провода	Наименьшее сечение или диаметр провода в пролете	
	До 10 м	Более 10 до 25 м
Медные, самонесущие (АВТ-1, АВТ-2 и др.)	4мм <sup>2</sup>	6мм <sup>2</sup>
Стальные, биметаллические	3мм <sup>2</sup>	4мм <sup>2</sup>
Из алюминия и его сплавов	16мм <sup>2</sup>	16мм <sup>2</sup>

В районах с одноэтажной застройкой ответвления от ВЛ к вводам рекомендуется выполнять проводами с атмосферостойкой изоляцией. Длина ответвления от ВЛ к вводу должна быть не более 25 м. Физико-механические характеристики проводов приведены в Таблице 2.5.7. настоящих Правил.

2.4.13. Расчет проводов на прочность должен производиться для следующих условий: при наибольшей внешней нагрузке; при низшей температуре и отсутствии внешних нагрузок. Допускаемые напряжения в проводах указаны в Таблице 2.5.6. настоящих Правил.

2.4.14. Соединение проводов должно производиться при помощи соединительных зажимов или сваркой (в том числе термитной). Сварка встык однопроволочных проводов не допускается. Однопроволочные провода допускается соединить путем скрутки с последующей пайкой.

2.4.15. Соединения, подверженные тяжению, должны иметь механическую прочность не менее 90% предела прочности провода.

2.4.16. Соединения проводов из разных металлов или разных сечений должны выполняться только на опорах с применением переходных зажимов. Переходные зажимы и участки проводов, на которых установлены такие зажимы, не должны испытывать механических усилий от тяжения проводов.

2.4.17. Крепление проводов к изоляторам на опорах ВЛ должно быть одинарным (смотри также пункты 2.4.49, 2.4.51, 2.4.52 и 2.4.60 настоящих Правил). Крепление проводов к штыревым изоляторам следует выполнять проволочными вязками или зажимами. Провода ответвлений от ВЛ к вводам должны иметь глухое крепление.

2.4.18. Коэффициент запаса прочности крюков и штырей должен быть не менее 2.

### Расположение проводов на опорах

2.4.19. На опорах допускается любое расположение фазных проводов независимо от района климатических условий. Нулевой провод, как правило, сле-

дует располагать ниже фазных проводов. Провода наружного освещения, прокладываемые на опорах совместно с проводами ВЛ, должны располагаться, как правило, над нулевым проводом.

2.4.20. Устанавливаемые на опорах плавкие предохранители, а также защитные, секционированные и другие устройства должны размещаться ниже проводов ВЛ.

2.4.21. Расстояния между проводами на опоре и в пролете по условиям их сближения в пролете при наибольшей стреле провеса до 1,2 м должны быть не менее:

а) при вертикальном расположении проводов и расположении проводов с горизонтальным смещением не более 20 см: 40 см в I, II и III районах по гололеду, 60 см в IV и особом районах по гололеду;

б) при других расположениях проводов во всех районах по гололеду при скорости ветра при гололеде: до 18 м/с—40 см, более 18 м/с—60 см.

При наибольшей стреле провеса более 1,2 м указанные расстояния должны быть увеличены пропорционально отношению наибольшей стрелы проноса к стреле провеса, равной 1,2 м.

Расстояние по вертикали между проводами разных фаз на опоре при отведении от ВЛ и пересечении разных ВЛ на общей опоре должно быть не менее 10 см. Расстояние между изоляторами ввода по их осям должно быть не менее 20 см.

2.4.22. Расстояние по горизонтали между проводами при спусках на опоре должно составлять не менее 15 см. Расстояние от проводов до поверхности опоры, траверсы или других элементов опоры должно быть не менее 5 см.

На общих опорах ВЛИ и ВЛ до 1000 В расстояния по вертикали между ними на опоре и в пролете при температуре окружающего воздуха 15° С без ветра должно быть не менее 0,4 м.

При совместной подвеске на общих опорах двух и более ВЛИ расстояния между жгутами СИП должно быть не менее 0,3 м.

## **Изоляция**

2.4.23. Коэффициент запаса прочности штыревых изоляторов должен быть не менее 2,5.

2.4.24. В местах ответвлений от ВЛ следует, как правило, применять многорешетчатые или подставные изоляторы. Нулевые провода должны быть укреплены на изоляторах.

Крепление самонесущего изолированного провода к опоре осуществляется без применения изоляторов.

## **Защита от перенапряжений, заземление**

2.4.25. В сетях с изолированной нейтралью крюки и штыри фазных проводов, устанавливаемые на железобетонных опорах, а также арматура этих опор

должны быть заземлены. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 50 Ом.

В сетях с заземленной нейтралью крюки и штыри фазных проводов, устанавливаемые на железобетонных опорах, а также арматура этих опор должны быть присоединены к PEN-проводнику (PEN-проводник представляет собой совмещенный нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники). Заземляющие проводники должны иметь диаметр не менее 6 мм. Крюки и штыри, устанавливаемые на деревянных опорах, заземлению не подлежат, за исключением подлежащих заземлению по условиям защиты от атмосферных перенапряжений (смотри пункт 2.4.26. настоящих Правил), а также устанавливаемых на опорах, где выполнено повторное заземление PEN-проводника.

2.4.26. В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ, не экранированные промышленными дымовыми и другими трубами, высокими деревьями, зданиями и т.п., должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от грозových перенапряжений. Сопротивления этих заземляющих устройств должны быть не более 30 Ом, а расстояния между ними не более 200 м для районов с числом грозových часов в году до 40; 100 м для районов с числом грозových часов в году более 40.

Кроме того, заземляющие устройства должны быть выполнены:

1. На опорах с ответвлениями к вводам в помещения, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы и т.п.) или которые представляют большую хозяйственную ценность (животноводческие помещения, склады, мастерские и пр.).

2. На конечных опорах линий, имеющих ответвления к вводам, при этом наибольшее расстояние от соседнего защитного заземления этих же линий должно быть не более 100 м для районов с числом грозových часов в году от 10 до 40 и 50 м для районов с числом грозových часов в году более 40.

К указанным заземляющим устройствам должны быть присоединены на деревянных опорах крюки и штыри, а на железобетонных опорах, кроме того, арматура.

В сетях с заземленной нейтралью для заземляющих устройств от атмосферных перенапряжений следует по возможности использовать заземляющие устройства повторных заземлений PEN-проводника.

В местах, указанных в подпунктах 1 и 2, рекомендуется, кроме того, установка вентильных разрядников.

## Опоры

2.4.27. Для ВЛ могут применяться следующие типы опор:

1. Промежуточные опоры устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ.

2. Анкерные опоры, устанавливаемые на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений прово-

дов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

3. Угловые опоры, устанавливаемые в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать слагающую тяжения проводов смежных пролетов;

4. Концевые опоры, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение проводов.

5. Ответвительные опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ.

6. Перекрестные опоры, на которых выполняется пересечение ВЛ двух направлений.

Ответвительные и перекрестные опоры могут быть всех указанных выше типов.

2.4.28. Опоры независимо от их типа могут быть с подкосами или оттяжками. Оттяжки опор могут прикрепляться к анкерам, установленным в земле, или к каменным, кирпичным, железобетонным и металлическим зданиям и сооружениям. Они могут быть многопроволочными или однопроволочными. Оттяжки следует выбирать по расчету. Сечение остальных оттяжек должно быть не менее  $25 \text{ мм}^2$ .

2.4.29. Оттяжки опор в сетях с изолированной нейтралью, закрепленные нижним концом на высоте менее 2,5 м от земли, должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом или изолированы при помощи натяжного изолятора, рассчитанного на напряжение ВЛ и установленного на высоте не менее 2,5 м от земли. В сетях с глухозаземленной нейтралью оттяжки опор должны быть присоединены к нулевому защитному проводу.

2.4.30. Опоры независимо от их типа должны быть рассчитаны на механические нагрузки, отвечающие нормальным режимам работы ВЛ: провода не оборваны и свободны от гололеда; провода не оборваны и покрыты гололедом.

Для концевых и угловых опор при пролетах меньше критических расчет должен производиться также из предположения, что провода свободны от гололеда, температура воздуха низшая, ветер отсутствует.

При расчетах допускается ограничиваться учетом следующих основных нагрузок:

для промежуточных опор – горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и на конструкцию опоры;

для анкерных опор – горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и на конструкцию опоры и продольной горизонтальной нагрузки, создаваемой разностью тяжения проводов смежных пролетов. За наименьшее значение продольной горизонтальной нагрузки, действующей на опору, следует принимать 50% наибольшего значения одностороннего тяжения проводов;

для угловых опор – горизонтальной поперечной составляющей нагрузки от тяжения проводов (направленной по оси траверсы) и горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и конструкции;

для концевых опор – горизонтальной нагрузки от одностороннего тяжения проводов.

2.4.31. Для ВЛ могут применяться железобетонные, деревянные с железобетонными приставками, деревянные и металлические опоры.

2.4.32. Для опор ВЛ необходимо применять бревна, пропитанные антисептиками, из леса не ниже третьего сорта. Пропитка древесины антисептиками должна соответствовать требованиям действующих стандартов. Допускается применение непропитанной лиственницы. Конусность бревна от комля к верхнему отрубам (сбег бревна) при расчетах следует принимать равной 8 мм на 1 м длины.

2.4.33. Для основных рассчитываемых элементов опор (стойки, приставки, траверсы, подкосы) диаметр бревна в верхнем отрубам должен быть не менее 14 см. Для остальных элементов опор, а также для опор, устанавливаемых у зданий на ответвлениях к вводам (смотри пункт 2.4.37. настоящих Правил), диаметр бревна в верхнем отрубам может быть не менее 12 см.

2.4.34. Размеры заглубления и способы закрепления опор должны определяться в зависимости от их высоты, количества укрепляемых на опоре проводов, грунтовых условий, а также от метода производства земляных работ.

2.4.35. При установке опор на затапливаемых участках трассы, где возможны размывы грунта, опоры должны быть укреплены (подсыпка земли, замощение и т.п.).

### **Габариты, пересечения и сближения**

2.4.36. При пересечении ВЛ с различными сооружениями, а также с улицами и площадями городов и поселков угол пересечения не нормируется (смотри также пункт 2.4.46. настоящих Правил).

2.4.37. Расстояние от проводов ВЛИ при наибольшей стреле провеса до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 5 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 2,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы и т.п.) до 1 м.

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛИ к вводам расстояние от проводов до тротуаров и пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м. Расстояния от СИП и изолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводу должно быть не менее 2,5 м.

2.4.38. При определении расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли или воды, а также до различных сооружений при прохождении ВЛ над ними следует учитывать наибольшую стрелу провеса проводов без нагрева их электрическим током, которая может получиться в одном из двух расчетных случаев: провода покрыты гололедом, температура окружающего воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$ , ветер отсутствует; температура окружающего воздуха высшая, ветер отсутствует.



2.4.39. Расстояние по горизонтали от проводов при наибольшем их отклонении до зданий и строений должно быть не менее: 1,5 м до балконов, террас и окон, 1 м до глухих стен. Прохождение ВЛ над зданием не допускается, за исключением подходов ответвлений от ВЛ к вводам в здания (смотри пункт 2.1.79. настоящих Правил).

2.4.40. Расстояния по горизонтали от опор ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и надземных колонок различного назначения должны быть не менее приведенных в Таблице 2.4.3 настоящих Правил(смотри также пункт 2.4.50 настоящих Правил).

Таблица 2.4.3.

**Наименьшее допустимое расстояние по горизонтали от опор ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и надземных колонок**

Объект сближения	Расстояние, м
Водо-, газо-, паро- и теплопроводы, а также канализационные трубы	1
Пожарные гидранты, колодцы (люки) подземной канализации, водоразборные колонки	2
Бензиновые колонки	10
Кабели (кроме кабелей связи, сигнализации и радиотрансляции)	1
То же, но при прокладке их в изолирующей трубе	0,5

2.4.41. Пересечение ВЛ с судоходными реками не рекомендуется. При необходимости выполнения такого пересечения ВЛ должны сооружаться в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.5. настоящих Правил с для ВЛ напряжением выше 1000В. При пересечении несудоходных и замерзающих небольших рек, каналов и т.п. расстояние от проводов ВЛ до наивысшего уровня воды должно быть не менее 2 м, а до льда – не менее 6 м.

2.4.42. При прохождении ВЛ по лесным массивам и зеленым насаждениям вырубка просеки не обязательна. При этом расстояние от проводов при наибольшей стреле их провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должно быть не менее 1 м.

2.4.43. При пересечении ВЛ до 1000 В с ВЛ выше 1000 В должны выполняться требования, приведенные в пунктах 2.5.117–2.5.120. настоящих Правил

Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 1000 В и выше 1000 В, а также выполнение пересечений указанных ВЛ на общей опоре должны производиться в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 2.5.57. настоящих Правил Провода верхней ВЛ, закрепляемые на штыревых изоляторах, должны иметь двойное крепление.

Крюки, штыри и арматура опор ВЛ до 1000 В, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, долж-

для угловых опор – горизонтальной поперечной составляющей нагрузки от тяжения проводов (направленной по оси траверсы) и горизонтальной поперечной ветровой нагрузки на провода и конструкции;

для концевых опор – горизонтальной нагрузки от одностороннего тяжения проводов.

2.4.31. Для ВЛ могут применяться железобетонные, деревянные с железобетонными приставками, деревянные и металлические опоры.

2.4.32. Для опор ВЛ необходимо применять бревна, пропитанные антисептиками, из леса не ниже третьего сорта. Пропитка древесины антисептиками должна соответствовать требованиям действующих стандартов. Допускается применение непропитанной лиственницы. Конусность бревна от комля к верхнему отрубам (сбег бревна) при расчетах следует принимать равной 8 мм на 1 м длины.

2.4.33. Для основных рассчитываемых элементов опор (стойки, приставки, траверсы, подкосы) диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см. Для остальных элементов опор, а также для опор, устанавливаемых у зданий на ответвлениях к вводам (смотри пункт 2.4.37. настоящих Правил), диаметр бревна в верхнем отрубе может быть не менее 12 см.

2.4.34. Размеры заглубления и способы закрепления опор должны определяться в зависимости от их высоты, количества укрепляемых на опоре проводов, грунтовых условий, а также от метода производства земляных работ.

2.4.35. При установке опор на затопляемых участках трассы, где возможны размывы грунта, опоры должны быть укреплены (подсыпка земли, замощение и т.п.).

### **Габариты, пересечения и сближения**

2.4.36. При пересечении ВЛ с различными сооружениями, а также с улицами и площадями городов и поселков угол пересечения не нормируется (смотри также пункт 2.4.46. настоящих Правил).

2.4.37. Расстояние от проводов ВЛИ при наибольшей стреле провеса до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 5 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 2,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы и т.п.) до 1 м.

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛИ к вводам расстояние от проводов до тротуаров и пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м. Расстояния от СИП и изолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводу должно быть не менее 2,5 м.

2.4.38. При определении расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли или воды, а также до различных сооружений при прохождении ВЛ над ними следует учитывать наибольшую стрелу провеса проводов без нагрева их электрическим током, которая может получиться в одном из двух расчетных случаев: провода покрыты гололедом, температура окружающего воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$ , ветер отсутствует; температура окружающего воздуха высшая, ветер отсутствует.

2.4.39. Расстояние по горизонтали от проводов при наибольшем их отклонении до зданий и строений должно быть не менее: 1,5 м до балконов, террас и окон, 1 м до глухих стен. Прохождение ВЛ над зданием не допускается, за исключением подходов ответвлений от ВЛ к вводам в здания (смотри пункт 2.1.79. настоящих Правил).

2.4.40. Расстояния по горизонтали от опор ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и надземных колонок различного назначения должны быть не менее приведенных в Таблице 2.4.3 настоящих Правил(смотри также пункт 2.4.50 настоящих Правил).

Таблица 2.4.3.

**Наименьшее допустимое расстояние по горизонтали от опор ВЛ до подземных кабелей, трубопроводов и надземных колонок**

Объект сближения	Расстояние, м
Водо-, газо-, паро- и теплопроводы, а также канализационные трубы	1
Пожарные гидранты, колодцы (люки) подземной канализации, водоразборные колонки	2
Бензиповые колонки	10
Кабели (кроме кабелей связи, сигнализации и радиотрансляции)	1
То же, но при прокладке их в изолирующей трубе	0,5

2.4.41. Пересечение ВЛ с судоходными реками не рекомендуется. При необходимости выполнения такого пересечения ВЛ должны сооружаться в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.5. настоящих Правил с для ВЛ напряжением выше 1000В. При пересечении несудоходных и замерзающих небольших рек, каналов и т.п. расстояние от проводов ВЛ до наивысшего уровня воды должно быть не менее 2 м, а до льда – не менее 6 м.

2.4.42. При прохождении ВЛ по лесным массивам и зеленым насаждениям вырубка просеки не обязательна. При этом расстояние от проводов при наибольшей стреле их провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должно быть не менее 1 м.

2.4.43. При пересечении ВЛ до 1000 В с ВЛ выше 1000 В должны выполняться требования, приведенные в пунктах 2.5.117–2.5.120. настоящих Правил.

Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 1000 В и выше 1000 В, а также выполнение пересечений указанных ВЛ на общей опоре должны производиться в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 2.5.57. настоящих Правил Провода верхней ВЛ, закрепляемые на штыревых изоляторах, должны иметь двойное крепление.

Крюки, штыри и арматура опор ВЛ до 1000 В, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, долж-

ны быть заземлены. Соппротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом.

2.4.44. Пересечение ВЛ до 1000 В между собой рекомендуется выполнять на перекрестных опорах; допускается также пересечение в пролете, при этом расстояние по вертикали между ближайшими проводами пересекающихся ВЛ при температуре окружающего воздуха плюс 15°C без ветра должно быть не менее 1 м.

В местах пересечения ВЛ между собой могут применяться анкерные и промежуточные опоры.

При пересечении ВЛ в пролете место пересечения следует выбирать возможно ближе к опоре верхней пересекающей ВЛ, при этом расстояние по горизонтали между опорами пересекающей и проводами пересекаемой ВЛ должно быть не менее 2 м.

### **Пересечения, сближения совместная подвеска ВЛ с линиями связи, проводного вещания**

2.4.45. Пересечение ВЛ с линиями связи и сигнализации (ЛС)\* и линиями проводного вещания (ЛПВ) должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1) неизолированными проводами ВЛ и изолированными проводами ЛС и ЛПВ;

2) неизолированными проводами ВЛ и подземным или подвесным кабелем ЛС и ЛПВ;

3) неизолированными проводами ВЛ с повышенной механической прочностью и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ;

4) изолированными проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ;

5) Подземным кабелем ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

2.4.46. Угол пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

2.4.47. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения при наибольшей стреле провеса (наивысшая температура воздуха, гололед) должно быть не менее 1,25 м.

---

\* Под ЛС следует понимать линии связи Узбекского Агентства связи и информатизации и других министерств и ведомств. Под ЛПВ следует понимать линии проводного вещания.

Воздушные линии связи по своему назначению разделяются на линии международной телефонной связи (МТС); сельской телефонной связи (СТС); линии проводного вещания (ЛПВ); городской телефонной связи (ГТС). По значимости воздушные линии связи подразделяются на классы.

*Линии МТС и СТС:* магистральные линии МТС, соединяющие Ташкент с центрами иностранных государств, республиканскими областными центрами и последние между собой, и линии ГАЖК «Узбекистон темир йуллари», проходящие вдоль железных дорог и по территории железнодорожных станций (класс I); внутризоновые линии МТС, соединяющие республиканские, крайние и областные центры с районными центрами и последние между собой, и соединительные линии СТС (класс II); абонентские линии СТС (класс III).

Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей ЛС и ЛПВ при пересечении на общей опоре должно быть: между СИП и ЛС не менее 0,5 м; между не изолированными проводами ВЛ и ЛПВ – не менее 1,5 м. При расположении проводов или подвесных кабелей ЛПВ на кронштейнах это расстояние принимается от провода ВЛ, расположенного на той же стороне опоры ВЛ, на которой находятся провода или подвесные кабели ЛПВ.

2.4.48. Место пересечения проводов ВЛ с проводами или подвесными кабелями ЛС и ЛПВ в пролете должно находиться на расстоянии не менее 2 м от ближайшей опоры ВЛ, но по возможности ближе к опоре ВЛ.

2.4.49. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с изолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов с проводами ЛПВ может выполняться как в пролете, так и на общей опоре.

2. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями СТС, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ЛПВ допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом.

3. Провода ЛС и ЛПВ на участке пересечения должны иметь атмосферостойкую изоляцию с испытательным напряжением не менее 2 кВ (например, ПСБА, ПСБАП, ПЛПВП) и коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности не менее 1,5.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление или глухую вязку. В исключительных случаях провода ВЛ 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных ЛС. При этом провода ЛС на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление.

5. Соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечениями не менее: 35 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводов, 16 мм<sup>2</sup> для сталеалюминиевых и 25 мм<sup>2</sup> для стальных проводов.

Для линий ГТС и СТС при количестве их проводов 10 и более вариант пересечения, оговоренный в настоящем параграфе, применять не следует.

2.4.50. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с подземным или подвесным кабелем ЛС и ЛПВ должны выполняться следующие требования:

1. Расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до заземлителя опоры (или до железобетонной опоры) ВЛ должно быть не менее 3 м в населенной местности и 10 м в ненаселенной.

Расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ незаземленной деревянной опоры ВЛ должно составлять в ненаселенной местности не менее 5 м, в населенной – не менее 2 м. В стесненных условиях это расстояние может быть менее 2 м, но не менее 1 м; при этом кабель должен быть проложен в стальной

трубе либо покрыт швеллером или угловой сталью по длине в обе стороны от опоры не менее 3 м. При выборе трасс кабелей ЛС и ЛПВ расстояние от них до ближайшей опоры ВЛ должно по возможности приниматься большим.

2. Провода ВЛ должны располагаться над подвесным кабелем ЛС и ЛПВ.

3. Соединение проводов ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС и ЛПВ не допускается. Провода ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС и ЛПВ должны быть многопроволочными сечением не менее: 35 мм<sup>2</sup> для алюминиевых проводов, 16 мм<sup>2</sup> для сталеалюминиевых и 25 мм<sup>2</sup> для стальных проводов.

4. Металлическая оболочка подвесного кабеля и трос, на котором подвешен кабель, должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения.

5. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции ближайшего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее высоты опоры ВЛ.

Вариант пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ, оговоренный в настоящем параграфе, применять не следует:

если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного и переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС;

если при применении кабельной вставки в ЛПВ суммарная длина кабельных вставок в ЛПВ превышает допускаемые значения.

2.4.51. При пересечении неизолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС и ЛПВ должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с абонентскими и фидерными линиями ЛПВ напряжением между проводами до 360 В допускается выполнять на опорах ВЛ.

2. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа.

3. Провода линий связи должны иметь коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности (гололед или низшая температура) не менее 2,2 для проводов как стальных, так и из цветного металла.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление. Провода ВЛ 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных ЛПВ. При этом провода ЛПВ на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление.

5. Соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечениями не менее: 35 мм<sup>2</sup> для алюминиевых, 25 мм<sup>2</sup> для сталеалюминиевых и стальных проводов.

2.4.52. При пересечении изолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС должно выполняться только в пролете. Пересечение проводов ВЛ с проводами ЛПВ может выполняться как в пролете, так и на общей опоре.

2. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями СТС, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ЛПВ допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом.

3. Провода ВЛ на участке пересечения должны иметь атмосферостойкую изоляцию с испытательным напряжением не менее 2 кВ и коэффициент запаса прочности на растяжение при наихудших метеорологических условиях данной местности не менее 1,5.

4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода или несущие их тросы ВЛ должны иметь двойное крепление или глухую вязку. Провода ВЛ 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами стоечных ЛПВ. При этом провода ЛПВ на стойках, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление.

5. Соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается.

2.4.53. При пересечении подземной кабельной вставки ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1. Расстояние, от подземной кабельной вставки ВЛ до опоры ЛС и ЛПВ и ее заземлителя должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля в изолирующей трубе не менее 0,5 м.

2. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ до проекции ближайшего провода ЛС и ЛПВ на горизонтальную плоскость должно быть не менее высоты опоры ЛС и ЛПВ.

2.4.54. При сближении ВЛ с воздушными ЛС и ЛПВ расстояние по горизонтали между крайними проводами этих линий должно быть не менее 2 м, а в стесненных условиях не менее 1,5 м. Во всех остальных случаях расстояние между линиями должно быть не менее высоты наибольшей опоры ВЛ, ЛС и ЛПВ.

2.4.55. Сближение ВЛ с антенными сооружениями передающих радиостанций, приемными радиостанциями, выделенными приемными пунктами радиодиффузии и местных радиозулов не нормируется.

2.4.56. Расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и проводами ЛС и ЛПВ, телевизионными кабелями и спусками от радиоантенн на вводах должно быть не менее 1,5 м. При этом провода ВЛ в пролете от опоры до ввода и провода ввода ВЛ в здание не должны пересекаться с проводами ответвлений от ЛС и ЛПВ к вводам и должны располагаться не ниже проводов ЛС и ЛПВ.

2.4.57. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ и ЛС не допускается.

Совместная подвеска на общих опорах проводов вновь сооружаемых ВЛ и неизолированных проводов ЛПВ не допускается.

На общих опорах допускается совместная подвеска проводов ВЛ и изолированных проводов ЛПВ, а также совместная подвеска проводов ВЛ, сооружаемых взамен пришедших в негодность и реконструируемых, и подвешенных ранее неизолированных проводов ЛПВ. При этом должны соблюдаться следующие условия:

1. Напряжение ВЛ должно быть не более 380/220 В.
2. Номинальное напряжение между проводами ЛПВ должно быть не более 360В.
3. Расстояние от нижних проводов ЛПВ до земли, между цепями ЛПВ и их проводами должно соответствовать действующим правилам.
4. Провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛПВ; при этом расстояние по вертикали от нижнего провода ВЛ до верхнего провода ЛПВ независимо от их взаимного расположения должно быть на опоре не менее 1,5 м, а в пролете не менее 1,25 м; при расположении проводов ЛПВ на кронштейнах это расстояние принимается от нижнего провода ВЛ, расположенного на той же стороне, что и провода ЛПВ.

2.4.58. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ и кабелей ЛС не допускается. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ не более 380/220 В и кабелей ЛПВ допускается при соблюдении условий, оговоренных в пункте 2.4.57. настоящих Правил для изолированных проводов ЛПВ.

2.4.59. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ не более 380/220 В и проводов цепей телемеханики допускается при условии, если они принадлежат одному владельцу и соблюдаются требования, приведенные в пункте 2.4.57. настоящих Правил, а также если цепи телемеханики не используются как каналы проводной телефонной связи.

На опорах ВЛ допускается подвеска волоконно-оптических кабелей связи (ОК). Расстояние от ОК до поверхности земли должно быть не менее 5 м. Расстояние между проводами ВЛ до 1000 В и ОК на опоре и в пролете должно быть не менее 0,4 м.

### **Пересечение, сближение с инженерными сооружениями**

2.4.60. При пересечении и параллельном следовании ВЛ с железными дорогами, а также с автомобильными дорогами категорий I и II должны выполняться требования, изложенные в пунктах 2.5.134–2.5.143. настоящих Правил. Пересечения могут выполняться также при помощи кабельной вставки в ВЛ. Выбор варианта пересечения должен производиться на основе технико-экономических расчетов.



При пересечении ВЛ с автомобильными дорогами категорий III–V расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проезжей части дорог при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 6 м.

Требования, предъявляемые в этих случаях к воздушным сетям наружного освещения населенных пунктов и территорий промышленных предприятий, приведены в Главе 6.3. ПУЭ Раздел VI

2.4.61. При пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами расстояние от проводов ВЛ до дорожных знаков и их несущих тросов должно быть не менее 1 м. Несущие тросы в местах пересечения с ВЛ должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом.

2.4.62. При пересечении и сближении ВЛ с контактными проводами и несущими тросами трамвайных и троллейбусных линий должны быть выполнены следующие требования:

1. ВЛ должны, как правило, располагаться вне зоны, занятой сооружениями контактных сетей, включая опоры.

2. Провода ВЛ должны быть расположены над несущими тросами контактных проводов. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечением не менее: алюминиевые 35 мм<sup>2</sup>; стальные и сталеалюминиевые 16 мм<sup>2</sup>. Соединение проводов ВЛ в пролетах пересечений не допускается.

3. Расстояние от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса должна быть не менее 8 м до головки рельса трамвайной линии и 10,5 м до проезжей части улицы в зоне троллейбусной линии. При этом во всех случаях расстояние от проводов ВЛ до несущего троса или контактного провода должно быть не менее 1,5 м. В зоне расположения контактных сетей опоры ВЛ должны быть анкерными, а крепление проводов – двойным.

4. Пересечение ВЛ с контактными проводами в местах расположения поперечин запрещается.

5. Совместная подвеска на опорах троллейбусных линий контактных проводов и проводов ВЛ напряжением не более 380 В допускается при соблюдении следующих условий: опоры троллейбусных линий должны иметь механическую прочность, достаточную для подвески проводов ВЛ; расстояние между проводами ВЛ и кронштейном или устройством крепления несущего троса контактных проводов должно быть не менее 1,5 м.

Требования настоящего параграфа не распространяются на линии уличного освещения.

2.4.63. При пересечении и сближении ВЛ с канатными дорогами и надземными металлическими трубопроводами должны быть выполнены следующие требования:

1. ВЛ должна проходить под канатной дорогой; прохождение ВЛ над канатной дорогой не допускается.

2. Канатные дороги должны иметь снизу мостки или сетки для ограждения проводов ВЛ.

3. При прохождении ВЛ под канатной дорогой или под трубопроводом провода ВЛ должны находиться от них на расстоянии: при наименьшей стреле

провеса до мостков или ограждающих сеток канатной дороги или до трубопровода не менее 1 м; при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении проводов до элементов канатной дороги или до трубопровода не менее 1 м.

4. При пересечении ВЛ с трубопроводом, расположенным под ВЛ, расстояние от проводов ВЛ до элементов трубопроводов при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 1 м.

5. При параллельном следовании ВЛ с канатной дорогой или с трубопроводом расстояние по горизонтали от проводов ВЛ до канатной дороги или трубопровода должно быть не менее высоты опоры, а на стесненных участках трассы при наибольшем отклонении проводов не менее 1 м.

6. Сопротивление заземления трубопровода в пролете пересечения должно быть не более 10 Ом.

2.4.64. При сближении ВЛ с пожаро- и взрывоопасными установками следует руководствоваться требованиями, приведенными в пункте 2.5.157. настоящих Правил, при сближении с аэродромами – в пункте 2.5.168. настоящих Правил

2.4.65. Прохождение ВЛ до 1000 В не допускается по территориям стадионов и школ (общеобразовательных и интернатов), а также по территориям спортивных комплексов.

## **Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000В**

### **Область применения, определения**

2.5.1. Настоящая глава Правил распространяется на ВЛ выше 1000 В и до 500кВ, выполняемые неизолированными проводами. Настоящая глава не распространяется на электрические воздушные линии, сооружение которых определяется специальными правилами, нормами и постановлениями (контактные сети электрифицированных железных дорог, трамвая, троллейбуса, сигнальные линии автоблокировки и т.д.). Кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.3 и пункте 2.5.69. настоящих Правил

2.5.2. **Воздушной линией электропередачи выше 1000В** называется устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т.п.).

За начало и конец ВЛ принимаются линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а для ответвлений - ответвительная опора и линейный портал или линейный ввод распределительного устройства.

2.5.3. **Нормальным режимом ВЛ выше 1000В** называется состояние ВЛ при необорванных проводах и тросах.

**Аварийным режимом ВЛ выше 1000В** называется состояние ВЛ при оборванных одном или нескольких проводах или тросах.

**Монтажным режимом ВЛ выше 1000В** называется состояние в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

**Габаритным пролетом  $l_g$**  называется пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным габаритом от проводов до земли при установке опор на идеально ровной поверхности.

**Ветровым пролетом  $l_{встр}$**  называется длина участка ВЛ, давление ветра на провода или тросы с которого воспринимается опорой.

**Весовым пролетом  $l_{вс}$**  называется длина участка ВЛ, вес проводов или тросов которого воспринимается опорой.

**Габаритной стрелой** провеса провода называется наибольшая стрела провеса в габаритном пролете.

**Подвесной изолятор** – изолятор, предназначенный для подвижного крепления токоведущих элементов к опорам, несущим конструкциям и различным элементам инженерных сооружений.

**Гирлянда изоляторов** – устройство, состоящее из нескольких подвесных изоляторов и линейной арматуры, подвижно соединенных между собой.

**Пляска проводов (тросов)** – устойчивые периодические низкочастотные (0,2-2Гц) колебания провода (троса) в пролете с односторонним или асимметричным отложением гололеда (мокрого снега, изморози, смеси), вызываемые ветром скоростью 3-25 м/с и образующие стоячие волны (иногда в сочетании с бегущими) с числом полуволн от одной до двадцати и амплитудой 0,3-5 м.

**Вибрация проводов (тросов)** – периодические колебания провода (троса) в пролете с частотой от 3 до 150 Гц, происходящие в вертикальной плоскости при ветре и образующие стоячие волны с размахом (двойной амплитудой), который может превышать диаметр провода (троса).

**2.5.4. Населенной местностью** называются земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны вокруг городов, садово-огородные участки, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов.

**Ненаселенной местностью** называются земли единого государственного земельного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности. К ненаселенной местности настоящие Правила относят незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, сельскохозяйственные угодья, огороды, сады, местности с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями.

**Труднодоступной местностью** называется местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

**Застроенной местностью** в настоящих Правилах называются территории городов, поселков и сельских населенных пунктов в границах фактической застройки, защищающие ВЛ с обеих сторон от поперечных ветров.

**2.5.5. Большими переходами** называются пересечения судоходных рек, каналов, водохранилищ, ущелий, оврагов и других препятствий с пролетом пересечения более 700 метров независимо от высоты опоры.

### **Общие требования**

2.5.6. Механический расчет проводов и тросов ВЛ производится по методу допускаемых напряжений, расчет изоляторов и арматуры - по методу разрушающих нагрузок. По обоим методам расчеты производятся на нормативные нагрузки. Расчет опор и фундаментов ВЛ производится по методу предельных состояний. Применение других методов расчета в каждом отдельном случае должно быть обосновано в проекте.

В настоящей главе приведены условия для определения нормативных нагрузок. Указания по определению расчетных нагрузок, используемых в расчетах строительных конструкций ВЛ (опор и фундаментов), даны в приложении к настоящей Главе.

Коэффициенты перегрузки и расчетные положения, касающиеся специфических условий расчета конструкций ВЛ, приводятся в приложении к настоящей Главе.

2.5.7. На ВЛ 110-500 кВ длиной более 100 км для ограничения несимметрии токов и напряжений должен выполняться один полный цикл транспозиции. На двухцепных ВЛ схемы транспозиции должны быть одинаковыми. Шаг транспозиции по условию влияний на линии связи не нормируется.

В электрических сетях 110-500 кВ, содержащих несколько участков ВЛ длиной менее 100 км каждый, транспозиция проводов выполняется непосредственно на промежуточных подстанциях (на шинах, в пролете между концевой опорой и порталом подстанции или на концевой опоре). При этом транспозиция должна осуществляться так, чтобы суммарные длины участков ВЛ с различным чередованием фаз были примерно равны.

В электрических сетях до 35 кВ рекомендуется производить транспозицию фаз на подстанциях так, чтобы суммарные длины участков с различным чередованием фаз были примерно равны.

2.5.8. Обслуживание ВЛ должно предусматриваться с ремонтно-производственных баз (далее - РПБ) и ремонтно-эксплуатационных пунктов (далее - РЭП).

Размещение РПБ и РЭП, выбор их типа, оснащение средствами механизации работ и транспорта должны производиться на основании схем организации эксплуатации, утвержденных в установленном порядке или действующих нормативов.

РПБ и РЭП должны оборудоваться средствами связи в соответствии со схемой организации эксплуатации, утвержденной в установленном порядке.

Кроме РПБ и РЭП для эксплуатации ВЛ в труднодоступной местности на трассе ВЛ должны быть предусмотрены упрощенные пункты обогрева, количество и расположение которых должны быть обоснованы в проекте.

2.5.9. При ремонтно-производственных базах предусматривается строительство производственно-жилой площади для оперативного и ремонтно-эксплуатационного персонала ВЛ. Объем строительства производственно-жилой площади определяется в соответствии со схемой организации эксплуатации энергосистемы, утвержденной в установленном порядке, или действующими нормативами.

Производственно-жилые помещения размещаются, как правило, на территории подстанций или РПБ и должны быть обеспечены местной телефонной или радиосвязью с возможностью выхода на ближайшую телефонную сеть, вызывной сигнализацией, а также средствами радиофикации.

2.5.10. Укомплектование сетевых предприятий и их структурных подразделений транспортными средствами и средствами механизации работ для эксплуатации и ремонта ВЛ производится в соответствии с перспективной схемой организации эксплуатации, утвержденной в установленном порядке, или действующими нормативами.

Автомашины и самоходные механизмы, предназначенные для эксплуатации и ремонта ВЛ, должны быть оборудованы средствами двусторонней радиосвязи с РПБ.

2.5.11. Численность персонала, объем производственно-жилых помещений РПБ и РЭП, а также количество транспортных средств и механизмов, необходимых для эксплуатации, определяются в соответствии с действующими нормативными документами.

2.5.12. К ВЛ 110 кВ и выше должен быть обеспечен в любое время года подъезд на возможно близкое расстояние, но не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ. Для проезда вдоль трассы указанных ВЛ и для подъезда к ним должна быть расчищена от насаждений, пней, камней и т.п. полоса земли шириной не менее 2,5 м. Исключения допускаются лишь на участках ВЛ:

проходящих по топким болотам и сильно пересеченной местности, где проезд невозможен. В этих случаях необходимо выполнять вдоль трассы ВЛ пешеходные тропки с мостиками шириной не менее 0,4 м или насыпные земляные дорожки шириной не менее 0,8 м;

проходящих по территориям, занятым под садовые и другие ценные культуры и снегозащитные насаждения вдоль железных и шоссейных дорог.

2.5.13. Опоры ВЛ рекомендуется устанавливать вне зоны размыва берегов с учетом возможных перемещений русла и затопляемости района, а также вне мест, где могут быть оползни, потоки дождевых и других вод (овраги, промоины, поймы рек и др.).

При невозможности установки опор ВЛ вне указанных опасных зон должны быть выполнены мероприятия по защите опор от повреждений (устройство специальных фундаментов, укрепление берегов, откосов, склонов, устройство водоотводных канав или иных сооружений и т.п.).

Установка опор в зоне предполагаемых грязекаменных селевых потоков запрещается.

Наибольший горизонт шугохода и уровня высоких (паводковых) вод принимается с обеспеченностью 2% (повторяемость 1 раз в 50 лет) для ВЛ 220 кВ и ниже и 1% (повторяемость 1 раз в 100 лет) или по историческому наблюдаемому уровню при наличии соответствующих данных для ВЛ 500 кВ.

2.5.14. На опорах ВЛ на высоте 2,5-3,0 м должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

порядковый номер - на всех опорах;

номер ВЛ или ее условное обозначение - на концевых опорах, первых опорах ответвлений от линии, на опорах в месте пересечения линий одного напряжения, на опорах, ограничивающих пролет пересечения с железными дорогами и автомобильными дорогами I-V категорий, а также на всех опорах участков трассы с параллельно идущими линиями, если расстояние между их осями - менее 200 м. На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

расцветка фаз - на ВЛ 35 кВ и выше на концевых опорах, опорах, смежных с транспозиционными, и на первых опорах ответвлений от ВЛ;

предупреждающие плакаты - на всех опорах ВЛ в населенной местности;

плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи, - на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи;

информационные знаки, на которых указаны ширина охранной зоны ВЛ и номер телефона владельца ВЛ.

2.5.15. Металлические опоры и все металлические детали железобетонных опор ВЛ должны быть защищены от коррозии путем оцинковки или окраски стойким покрытием. Очистка, грунтовка и окраска должны производиться только в заводских условиях. На трассе следует производить лишь повторную окраску поврежденных мест.

2.5.16. На приаэродромных территориях и воздушных трассах в целях обеспечения безопасности полетов самолетов, опоры ВЛ, которые по своему расположению или высоте представляют аэродромные или линейные препятствия для полетов самолетов, должны иметь сигнальное освещение (светоограждение) и дневную маркировку (окраску), выполненные в соответствии со следующими условиями:

1. Опоры ВЛ должны иметь световое ограждение на самой верхней части (точке) и ниже через каждые 45 м. Расстояние между промежуточными ярусами огней, как правило, должны быть одинаковыми.

2. В каждом ряду светоограждения опоры должно устанавливаться не менее двух огней, размещенных на двух внешних сторонах опоры и работающих одновременно или по одному при наличии надежного автоматического устройства для включения резервного огня при выходе из строя основного огня.

3. Заградительные огни должны быть установлены так, чтобы их можно было наблюдать со всех направлений и в пределах от зенита до  $5^\circ$  ниже горизонта.

4. Средства светового ограждения аэродромных препятствий по условиям электроснабжения относятся к электроприемникам I категории. В отдельных случаях допускается электроснабжение заградительных огней по одной линии электропередачи при полной надежности ее работы.

5. Включение и отключение светового ограждения препятствий в районе аэродрома должны производиться владельцами ВЛ и командно-диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы.

Допускается применение надежных автоматических устройств для включения и отключения заградительных огней. На случай отказа в работе этих устройств следует предусматривать возможность включения заградительных огней вручную.

6. Для обеспечения удобного и безопасного обслуживания должны предусматриваться площадки у мест размещения сигнальных огней и оборудования, а также лестницы для доступа к этим площадкам. Для этих целей следует использовать площадки и лестницы, имеющиеся на опорах ВЛ.

7. Для целей дневной маркировки опоры со световым ограждением должны быть окрашены в два цвета - красный (оранжевый) и белый - полосами шириной до 6 м в зависимости от высоты опоры. Число полос должно быть не менее трех, причем первую и последнюю полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет.

8. Определение того, к какому роду препятствий относится конкретная опора ВЛ, расчет высоты маркировки и светового ограждения, определение других требований, предъявляемых к выполнению светоограждения и дневной маркировки, а также согласование требований с органами гражданской авиации осуществляются в соответствии с «Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий».

2.5.17. Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше должны быть предусмотрены специальные приборы, устанавливаемые на подстанциях. При прохождении этих ВЛ в районах, где может быть гололед с толщиной стенки 15 мм и более, рекомендуется предусматривать устройства, сигнализирующие о появлении гололеда (смотри также пункт 2.5.19 настоящих Правил).

2.5.18. Для ВЛ, проходящих в районах с толщиной стенки гололеда 20 мм и более, а также в местах с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами рекомендуется предусматривать плавку гололеда на проводах. Плавка гололеда на тросах ВЛ должна предусматриваться в тех случаях, когда возможно опасное приближение освобождающихся от гололеда проводов к тросам, покрытым гололедом.

При обеспечении плавки гололеда без перерыва электроснабжения потребителей нормативная толщина стенки гололеда может быть снижена на 15 мм, при этом расчетная толщина стенки гололеда должна быть не менее 15 мм.

На ВЛ с плавкой гололеда должны быть предусмотрены устройства, сигнализирующие о появлении гололеда. При выборе установок сигнализатора гололеда следует учитывать необходимое время от поступления сигнала до начала плавки в соответствии с расчетными условиями, принятыми для ВЛ.

2.5.19. Трасса ВЛ должна выбираться по возможности кратчайшей. В районах с большими отложениями гололеда, сильными ветрами, лавинами, оползнями, камнепадами, болотами и т.д. необходимо при проектировании предусматривать по возможности обходы особо неблагоприятных мест, что должно быть обосновано сравнительными технико-экономическими расчетами.

### **Климатические условия**

2.5.20. Определение расчетных климатических условий, интенсивности грозовой деятельности и пляски проводов для расчета и выбора конструкций ВЛ должно производиться на основании карт климатического районирования с уточнением по региональным картам и материалам многих наблюдений гидрометеорологических станций и метеопостов управлений гидрометеослужбы и энергосистем за скоростью ветра, интенсивностью и плотностью гололедно-изморозевых отложений и температурой воздуха, грозовой деятельностью и пляской проводов в зоне трассы сооружаемой ВЛ.

При обработке данных наблюдений должно быть учтено влияние микроклиматических особенностей на интенсивность гололедообразования и на скорость ветра в результате действия как природных условий (пересеченный рельеф местности, высота над уровнем моря, наличие больших озер и водохранилищ, степень залесенности и т.д.), так и существующих или проектируемых инженерных сооружений (плотины и водосбросы, пруды-охладители, полосы сплошной застройки и т.п.).

2.5.21. Максимальные нормативные скоростные напоры ветра и толщину гололедно-изморозевых отложений определяют, исходя из их повторяемости 1 раз в 15 лет для ВЛ 500 кВ, 1 раз - в 10 лет для ВЛ 6-220 кВ и 1 раз в 5 лет для ВЛ 3 кВ и ниже.

2.5.22. Максимальные нормативные скоростные напоры для высоты до 15 м от земли принимаются по Таблице 2.5.1 настоящих Правил в соответствии с картой районирования территории Республики Узбекистан по скоростным напорам ветра (рис. 2.5.1), но не ниже  $40 \text{ даН/м}^2$  для ВЛ 6-220 кВ и  $55 \text{ даН/м}^2$  для ВЛ 500 кВ.

2.5.23. Скоростной напор ветра на провода ВЛ определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, скоростной напор на тросы - по высоте расположения центра тяжести тросов. При расположении центра тяжести на высоте до 15 м скоростной напор принимается по Таблице 2.5.1. настоящих Правил



**Максимальный нормативный скоростной напор ветра  
на высоте до 15 м от земли\***

Районы Республики Узбекистан по ветру	Скоростной напор ветра $q_{max}$ , даН/м <sup>2</sup> - Па (скорость ветра $v_{max}$ , м/с) - с повторяемостью		
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет	1 раз в 15 лет
I	27 – 265 (21)	40 - 390 (25)	55 – 540 (30)
II	35 – 345 (24)	40 - 390 (25)	55 - 540 (30)
III	45 - 440 (27)	50 - 490 (29)	55 - 540 (30)
IV	55 - 540 (30)	65 - 640 (32)	80 - 785 (36)
V	70 - 685 (33)	80 – 785 (36)	80 – 785 (36)
VI	85 - 835 (37)	100 – 980 (40)	100 - 980 (40)
VII	100 - 980 (40)	125 – 1225 (45)	125 - 1225 (45)

При высоте более 15 м скоростной напор определяется путем умножения значения напора, указанного в Таблице 2.5.1 для высоты до 15 м, на поправочный коэффициент по Таблице 2.5.2 настоящих Правил, учитывающий возрастание скорости ветра по высоте.

Таблица 2.5.2.

**Поправочный коэффициент на возрастание  
скоростных напоров ветра по высоте\***

Высота, м	Коэффициент
До 15	1,0
20	1,25
40	1,55
60	1,75
100	2,1
200	2,6
350 и выше	3,1

\* Для повторяемости 1 раз в 10 лет и 1 раз в 15 лет в таблице даны унифицированные значения скоростных напоров и скоростей ветра.

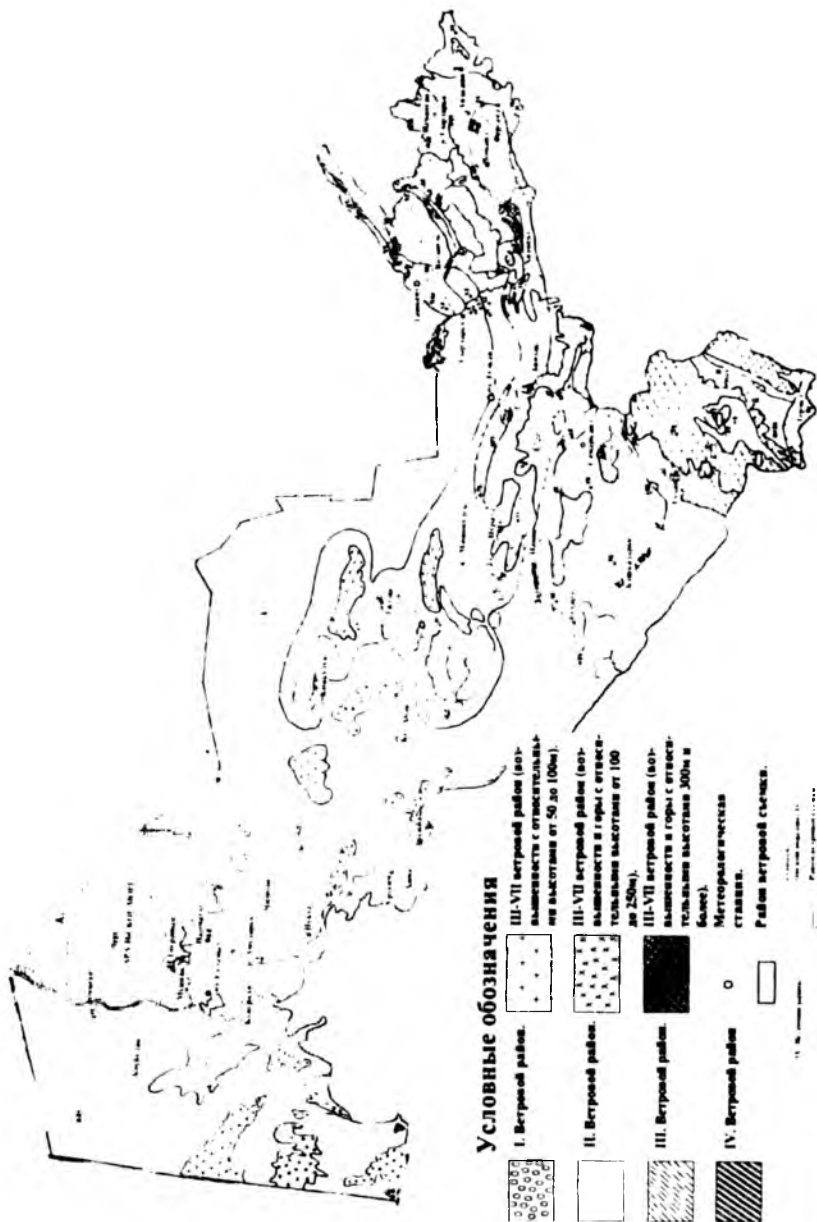
2. Значения скоростных напоров при их уточнении на основании обработки фактически замеренных скоростей определяются по формуле:

$$q_{max} = (\alpha v_{max})^2 / 16.$$

где  $v$  - скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли (при двухминутном интервале усреднения), превышаемая в среднем один раз в 5, 10 или 15 лет,  $\alpha = 0,75 + 5/v_{max}$  поправочный коэффициент к скоростям ветра, полученным из обработки наблюдений по флюде-ру, принимается не более единицы; при использовании малонервных элементов коэффициент  $\alpha$  принимается равным единице.

Полученные значения применяются до высоты 15 м. Рекомендуется округлять их до ближайшего указанного в таблице значения.

\* Для промежуточных высот значения поправочных коэффициентов определяются по линейной интерполяции.



### Условные обозначения

- |  |  |
|--|--|
|  | III-VII ветровой район (высоты с относительной высотой от 50 до 100м).           |
|  | III-VII ветровой район (высоты в горы с относительными высотами от 100 до 250м). |
|  | III-VII ветровой район (высоты в горы с относительными высотами 300м и более).   |
|  | Метеорологическая станция.   |
|  | Район ветровой сызжы.  |

Рис. 2.5.1. Карта районирования территории Республики Узбекистан по скоростным напорам ветра

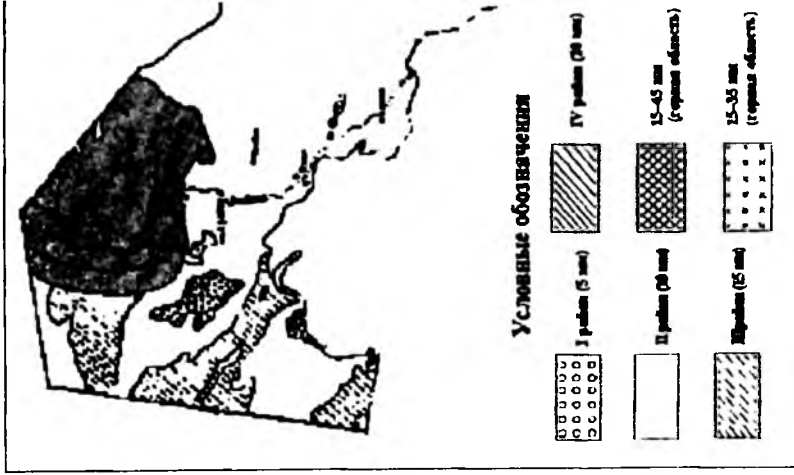




Рис 2.5.2 Карта  
районирования территории  
Республики Узбекистан по  
толщине стенок голландца

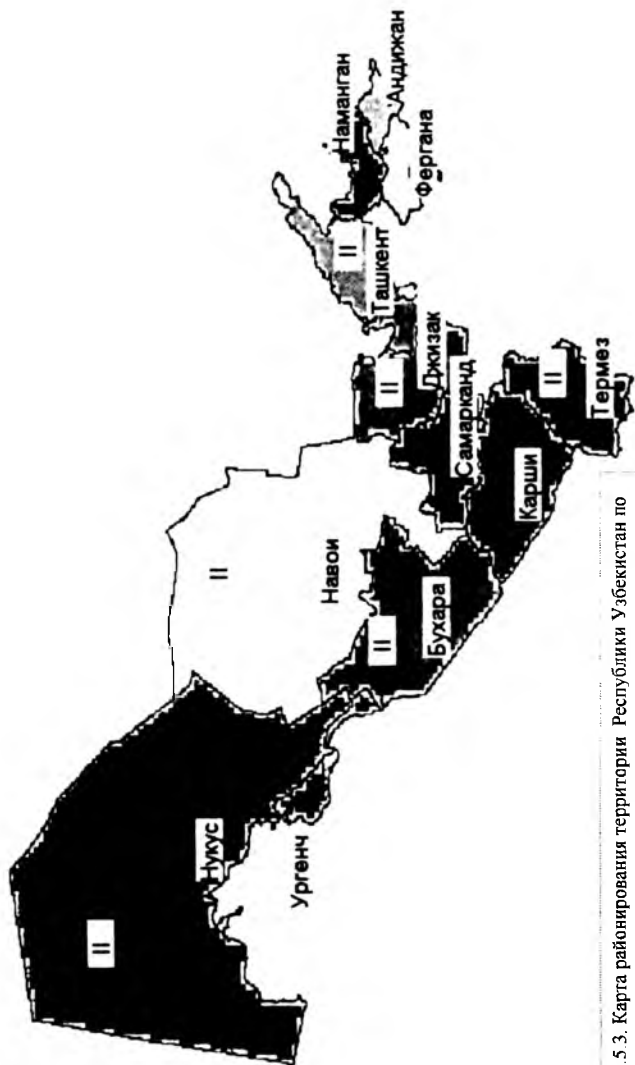


Рис.2.5.3. Карта районирования территории Республики Узбекистан по  
 пляске проводов.



Рис.2 5 4 Карта районирования территории Республики Узбекистан по среднегодовой продолжительности гроз.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов  $h_{np}$  определяется для габаритного пролета по формуле:

$$h_{np} = h_{cp} - \frac{2}{3} f ,$$

где  $h_{cp}$  - средняя высота крепления проводов к изоляторам или средняя высота крепления тросов на опоре, отсчитываемая от отметки земли в местах установки опор, м;  $f$  - стрела провеса провода или троса, условно принимаемая наибольшей (при высшей температуре или гололеде без ветра), м.

Полученные значения скоростных напоров ветра должны быть округлены до целого числа.

2.5.24. Скоростной напор ветра на провода и тросы больших переходов (пункт 2.5.5 настоящих Правил) определяется по указаниям пункта 2.5.23 настоящих Правил, но с учетом следующих дополнительных требований:

1. Для перехода, состоящего из одного пролета, высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов определяется по формуле:

$$h_{np} = \frac{h_{cp1} + h_{cp2}}{2} - \frac{2}{3} f ,$$

где  $h_{cp1}$ ,  $h_{cp2}$  - высота крепления тросов или средняя высота крепления проводов к изоляторам на опорах перехода, отсчитываемая от меженного уровня реки или нормального горизонта канала, водохранилища, ущелий, оврагов и водных пространств, м;  $f$  - наибольшая стрела провеса провода или троса перехода, м.

2. Для перехода, состоящего из нескольких пролетов, скоростной напор ветра на провода или тросы определяется для высоты,  $h_{np}$ , соответствующей средневзвешенному значению высот приведенных центров тяжести проводов или тросов во всех пролетах перехода и вычисляемой по формуле

$$h_{np} = \frac{h_{np1}l_1 + h_{np2}l_2 + \dots + h_{nnp}l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} ,$$

где  $h_{np1}$ ,  $h_{np2}$ , ...,  $h_{nnp}$  - высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов над меженным уровнем реки или нормальным горизонтом канала, водохранилища, ущелий, оврагов и водных пространств в каждом из пролетов, м. При этом, если пересекаемое пространство имеет высокий берег, на котором расположены как переходные, так и смежные с ними опоры, то высоты приведенных центров тяжести в пролете, смежном с переходным, отсчитываются от отметки земли в этом пролете;  $l_1$ ,  $l_2$ , ...,  $l_n$  - длины пролетов, входящих в переход, м.

2.5.25. Скоростной напор ветра на конструкции опор определяется с учетом его возрастания по высоте. Для отдельных зон высотой не более 15 м значение поправочных коэффициентов следует принимать постоянным, определяя его по высоте средних точек соответствующих зон, отсчитываемой от отметки земли в месте установки опоры.

2.5.26. Для участков ВЛ, сооружаемых в застроенной местности, максимальный нормативный скоростной напор ветра допускается уменьшать на 30 % (скорость ветра - на 16 %) по сравнению с принятым для района прохождения ВЛ, если средняя высота окружающих зданий составляет не менее 2/3 вы-

соты опор. Такое же уменьшение скоростного напора ветра допускается для ВЛ, трасса которых защищена от поперечных ветров (например, в лесных массивах заповедников, в горных долинах и ущельях).

2.5.27. Для участков ВЛ, находящихся в местах с сильными ветрами (высокий берег большой реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, долины и ущелья, открытые для сильных ветров, прибрежная полоса больших озер и водохранилищ в пределах 3-5 км), при отсутствии данных наблюдений максимальный скоростной напор следует увеличивать на 40%, (скорость ветра – на 18%) по сравнению с принятым для данного района. Полученные цифры рекомендуется округлять до ближайшего значения, указанного в Таблице 2.5.1. настоящих Правил.

2.5.28. При расчете проводов и тросов на ветровые нагрузки направление ветра следует принимать под углом  $90^\circ$  к ВЛ. При расчете опор следует принимать направление ветра под углом  $90$  и  $45^\circ$  к ВЛ.

2.5.29. Нормативная ветровая нагрузка  $P$ , даН, на провода и тросы, действующая перпендикулярно проводу (тросу), для каждого расчетного режима определяется по формуле

$$P = \alpha \cdot K_1 \cdot C_x \cdot q \cdot F \cdot \sin^2 \varphi,$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий неравномерность скоростного напора ветра по пролету ВЛ, принимаемый равным: 1 при скоростном напоре ветра до  $27$  даН/м<sup>2</sup>, 0,85 при  $40$  даН/м<sup>2</sup>, 0,75 при  $55$  даН/м<sup>2</sup>, 0,7 при  $76$  даН/м<sup>2</sup> и более (промежуточные значения определяются линейной интерполяцией);

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до  $50$  м, 1,1 при  $100$  м, 1,05 при  $150$  м, 1 при  $250$  м и более (промежуточные значения  $K_1$  определяются интерполяцией);

$C_x$  – коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1,1 для проводов и тросов диаметром  $20$  мм и более, свободных от гололеда, 1,2 для всех проводов и тросов, покрытых гололедом, и для проводов и тросов диаметром менее  $20$  мм, свободных от гололеда;

$q$  – нормативный скоростной напор ветра в рассматриваемом режиме, даН/м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь диаметрального сечения провода, м<sup>2</sup> (при гололеде с учетом нормативной толщины стенки гололеда);

$\varphi$  – угол между направлением ветра и осью ВЛ.

2.5.30. Нормативная масса гололедных отложений на проводах и тросах определяется, исходя из цилиндрической формы отложений с плотностью  $0,9$  г/см<sup>3</sup>.

Толщина стенки гололеда, приведенная к высоте  $10$  м от земли и к диаметру провода  $10$  мм при повторяемости 1 раз в 5 и 10 лет, определяется в соответствии с картой районирования территории Республики Узбекистан по гололеду (рис. 2.5.2) и Таблице 2.5.3. настоящих Правил. Толщина стенки гололеда может быть уточнена на основании обработки многолетних наблюдений.

Толщина стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 15 лет в I-IV районах по гололеду, а также с любой повторяемостью в особых районах по гололеду



должна приниматься на основании обработки данных фактических наблюдений.

Таблица 2.5.3.

**Нормативная толщина стенки гололеда  
для высоты 10 м над поверхностью земли**

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда, мм, с повторяемостью	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I	5	5
II	5	10
III	10	15
IV	15	20
Особый	20 и более	Более 22

Принимаемая в расчетах толщина стенки гололеда для повторяемости один раз в 5 и 10 лет должна быть не менее 5 мм, а для повторяемости 1 раз в 15 лет - не менее 10 мм.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов до 25 м поправки на толщину стенки гололеда в зависимости от высоты и диаметра проводов и тросов не вводятся.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов более 25 м толщина стенки гололеда вычисляется в соответствии с ЩМЦ, причем высота для определения поправочного коэффициента принимается в соответствии с указаниями пункта 2.5.24 настоящих Правил такой же, как для вычисления скоростного напора ветра. При этом исходную толщину стенки гололеда (для высоты 10 м и диаметра 10 мм) следует принимать без увеличения, предусмотренного пунктом 2.5.31. настоящих Правил.

Толщина стенки гололеда до 22 мм округляется до ближайшего значения, кратного 5 мм, а толщина более 22 мм - до 1 мм.

2.5.31. Для участков ВЛ, проходящих по плотинам гидроэлектростанций и вблизи прудов-охладителей, при отсутствии данных наблюдений следует принимать толщину стенки гололеда на 5 мм больше, чем для всей линии.

2.5.32. Расчетные температуры воздуха принимаются одинаковыми для ВЛ всех напряжений по данным фактических наблюдений и округляются до значений, кратных пяти.

2.5.33. Расчет ВЛ по нормальному режиму работы необходимо производить для следующих сочетаний климатических условий:

- 1) высшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
- 2) низшая температура, ветер и гололед отсутствуют.
- 3) среднегодовая температура  $t_s$ , ветер и гололед отсутствуют
- 4) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°C, ветер отсутствует.

5) максимальный нормативный скоростной напор ветра,  $q_{max}$  температура минус  $5^{\circ}\text{C}$ , гололед отсутствует.

6) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус  $5^{\circ}\text{C}$ , скоростной напор ветра  $0,25q_{max}$  (скорость ветра  $0,5v_{max}$ ). В районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее  $14 \text{ даН/м}^2$  (скорость ветра - не менее 15 м/с). Для 6-20 кВ допускается скоростной напор ветра при гололеде принимать не менее  $20 \text{ даН/м}^2$  (скорость ветра не менее 18 м/с) независимо от толщины стенки гололеда;

7) фактические сочетания скоростных напоров ветра и размеров отложения гололеда на проводах и тросах при температуре минус  $5^{\circ}\text{C}$  в режимах:

7.1) максимальное отложение гололеда на проводах и тросах и скоростной напор ветра при этом отложении;

7.2) максимальный скоростной напор ветра и отложения гололеда на проводах и тросах при этом скоростном напоре.

Для районов со среднегодовой температурой минус  $5^{\circ}\text{C}$  и ниже температуру в подпунктах 4, 5, 6 и 7 следует принимать равной минус  $10^{\circ}\text{C}$ .

В тех случаях, когда по подпунктам 7.1.) и 7.2). определение нагрузок не представляется возможным, расчет ВЛ на воздействие гололедно-ветровых нагрузок следует производить на условиях согласно п.6. При этом скоростной напор ветра при гололеде следует принимать не более  $30 \text{ даН/м}^2$  ( $Y=22 \text{ м/с}$ ).

При расчете ВЛ по подпунктам 6 и 7.1. в районах с нормативной толщиной стенки гололеда до 10 мм соответствующий скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее  $6,25 \text{ даН/м}^2$  ( $Y=10 \text{ м/с}$ ), а в районах с нормативной толщиной стенки гололеда 15 мм и более - не менее  $14 \text{ даН/м}^2$  ( $Y=15 \text{ м/с}$ ).

Во всех случаях скоростной напор ветра при гололеде следует принимать не более  $30 \text{ даН/м}^2$ . В отдельных районах Республики Узбекистан, где отмечены повышенные скорости ветра при гололеде или где их можно ожидать, а также в районах, где возможно сочетание значительных скоростей ветра с большими размерами гололедно-изморозевых отложений с плотностью менее  $0,9 \text{ г/см}^3$ , нормативные значения скоростного напора ветра и толщины стенки гололеда должны быть приняты в соответствии с данными о фактически наблюдаемых размерах гололеда и скорости ветра при гололеде.

2.5.34. Расчет ВЛ по аварийному режиму работы необходимо производить для следующих сочетаний климатических условий:

1. Среднегодовая температура  $t_s$ , ветер и гололед отсутствуют.

2. Низшая температура  $t_{min}$ , ветер и гололед отсутствуют.

3. Провода и тросы покрыты гололедом, температура минус  $5^{\circ}\text{C}$ , ветер отсутствует.

2.5.35. При проверке опор ВЛ по условиям монтажа необходимо принимать следующие сочетания климатических условий: температура минус  $15^{\circ}\text{C}$ , скоростной напор ветра на высоте до 15 м от земли  $6,25 \text{ даН/м}^2$ , гололед отсутствует.

2.5.36. При расчете приближений токоведущих частей к элементам опор ВЛ и сооружений необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

1. При рабочем напряжении: максимальный нормативный скоростной напор ветра  $q_{\max}$ , температура минус  $5^{\circ}\text{C}$  (смотри также пункт 2.5.33. настоящих Правил).

2. При грозových и внутренних перенапряжениях: температура плюс  $15^{\circ}\text{C}$ , скоростной напор  $q=0,1q_{\max}(v\approx 0,3v_{\max})$ , но не менее  $6,25 \text{ даН/м}^2$ .

3. Для обеспечения безопасного подъема на опору под напряжением: температура минус  $15^{\circ}\text{C}$ , ветер и гололед отсутствуют.

Значение  $q_{\max}$  принимается таким же, как для определения ветровой нагрузки на провода.

Расчет приближений по подпункту 2 должен производиться также при отсутствии ветра. Угол отклонения проводов и тросов определяется по формуле

$$\text{tg}\gamma = \frac{kP}{G_{\text{пр}} + 0,5G_r},$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий динамику колебаний провода при его отклонениях и принимаемый равным: 1 при скоростном напоре ветра до  $40 \text{ даН/м}^2$ , 0,95 при  $45 \text{ даН/м}^2$ , 0,9 при  $55 \text{ даН/м}^2$ , 0,85 при  $65 \text{ даН/м}^2$ , 0,8 при  $80 \text{ даН/м}^2$  и более (промежуточные значения определяются линейной интерполяцией);  $P$  - нормативная ветровая нагрузка на провод, даН;  $G_{\text{пр}}$  - нагрузка на гирлянду от веса провода, даН,  $G_r$  - вес гирлянды изоляторов, даН.

### Провода и грозозащитные тросы

2.5.37. ВЛ могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе; во втором случае фаза называется расщепленной.

Диаметр проводов, их сечение и количество в фазе, а также расстояние между проводами расщепленной фазы определяются расчетом.

2.5.38. По условиям механической прочности на ВЛ, как правило должны применяться многопроволочные провода и тросы. Минимальные допустимые сечения проводов приведены в Таблице 2.5.4. настоящих Правил.

**Минимальное допустимое сечение проводов ВЛ  
по условиям механической прочности\***

Характеристика ВЛ	Сечение проводов, мм <sup>2</sup>		
	алюминиевых и из алюми- ниевго сплава АН	сталслюминиевых и из алюминниевго сплава АЖ	сталь- ных
ВЛ без пересечений в районах с толщиной стенки гололеда, мм:			
До 10	35	25	25
15 и более	50	35	25
Переходы ВЛ через судоходные реки и каналы в районах с толщиной стенки гололеда, мм	70	25	25
До 10	70	35	25
15 и более			
Пролеты пересечений ВЛ с инженерными сооружениями при любой толщине стенки гололеда	70	35	25
с линиями связи	70	35	Не до- пускает- ся
с надземными трубопроводами и канатными дорожками			
И пролеты пересечений ВЛ с железными дорожками при толщине стенки гололеда, мм		35	То же
До 10		50	«
15 и более			

На ВЛ 10 кВ и ниже, проходящих в населенной местности с расчетной толщиной стенки гололеда до 10 мм, в пролетах без пересечений с инженерными сооружениями допускается применять однопроволочные стальные провода марок, разрешенные к применению специальными указаниями.

В качестве грозозащитных тросов следует использовать стальные канаты сечением не менее 35 мм<sup>2</sup> из проволок с пределом прочности не менее 120 даН/мм<sup>2</sup>. На особо ответственных переходах, и в зонах химического воздействия, а также при использовании грозозащитного троса для высокочастотной связи и в случаях, когда это необходимо по условиям термической стойкости (смотри пункт 2.5.42. настоящих Правил), в качестве грозозащитного троса следует применять сталслюминиевые провода общего применения или специальные.

\* В пролетах пересечений ВЛ с инженерными сооружениями, не указанными в Таблице 2.5.4, настоящих Правил например с автомобильными дорогами, троллейбусными и трамвайными линиями, допускается применение проводов таких же сечений, как на ВЛ без пересечений.

В пролетах пересечений с надземными трубопроводами и канатными дорогами допускается применение стальных грозозащитных тросов. В пролетах пересечений с трубопроводами, не предназначенными для транспортировки горючих жидкостей и газов, допускается применение стальных проводов сечением  $25 \text{ мм}^2$  и более.

В пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами в качестве грозозащитных тросов следует применять стальные канаты с пределом прочности не менее  $120 \text{ даН/мм}^2$  сечением не менее  $35 \text{ мм}^2$  в I и II районах по гололеду и не менее  $50 \text{ мм}^2$  в остальных районах по гололеду.

Для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминевых проводах рекомендуется при прочих равных условиях применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок.

2.5.39. На ВЛ с алюминиевыми, сталеалюминевыми и стальными проводами и проводами из алюминиевых сплавов малых сечений пролеты не должны превышать значений, указанных в Таблице 2.5.5. настоящих Правил.

2.5.40. Для сталеалюминевых проводов рекомендуются следующие области применения:

1. В районах с толщиной стенки гололеда до  $20 \text{ мм}$ : при сечениях до  $185 \text{ мм}^2$  - с отношением  $A:C=6,0 \div 6,25$ , при сечениях  $240 \text{ мм}^2$  и более - с отношением  $A:C=7,71 \div 8,04$ .

2. В районах с толщиной стенки гололеда более  $20 \text{ мм}$ : при сечениях до  $95 \text{ мм}^2$  - с отношением  $A:C=6,0$ , при сечениях  $120-400 \text{ мм}^2$  - с отношением  $A:C=4,29 \div 4,39$ , при сечениях  $450 \text{ мм}^2$  и более - с отношением  $A:C=7,71 \div 8,04$ .

3. На больших переходах (смотри пункт 2.5.5 настоящих Правил) с пролетами более  $800 \text{ м}$  - с отношением  $A:C=1,46$ .

Выбор других марок проводов обосновывается технико-экономическими расчетами.

4. При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение сталеалюминевых проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков, прилежащие к ним районы с атмосферой воздуха типов II и III), а также в местах, где такое разрушение ожидается на основании данных изысканий, следует применять сталеалюминевые провода марок АСКС, АСКП. АСК в соответствии с ГОСТ 839-80, а алюминиевые провода - марки АКП.

На равнинной местности при отсутствии данных эксплуатации ширину прибрежной полосы, к которой относится указанное требование, следует принимать равной  $5 \text{ км}$ , а полосы от химических предприятий -  $1,5 \text{ км}$ .

2.5.41. По условиям короны при отметках до  $1000 \text{ м}$  над уровнем моря рекомендуется применять на ВЛ провода диаметром не менее указанных в Таблице 2.5.6. настоящих Правил.

При выборе конструкции ВЛ и количества проводов в фазе, а также междуфазных расстояний ВЛ необходимо ограничивать напряженность электрического поля на поверхности проводов до уровней, допустимых по короне (смотри Главу 1.3 ПУЭ Раздел I) и уровню радиопомех.

2.5.42. Сечение грозозащитного троса, выбранное по механическому расчету, должно быть проверено на термическую стойкость в соответствии с указаниями Главы 1.4. ПУЭ Раздел IV На участках с изолированным креплением троса (смотри пункт 2.5.67. настоящих Правил) проверка на термическую стойкость не производится.

Таблица 2.5.5.

**Наибольший допустимый пролет ВЛ с алюминиевыми, сталеалюминиевыми и стальными проводами и проводами из алюминиевых сплавов малых сечений\***

Марка провода	Предельный пролет, м, при толщине стенки гололеда		
	до 10 мм	15 мм	20 мм
<b>Алюминиевые:</b>			
А 35	140	—	—
А 50	160	90	60
А 70	190	115	75
А 95	215	135	90
А 120	270	150	110
А 150	335	165	130
<b>Из алюминиевых сплавов</b>			
АЛ 35	210	115	75
АЛ 50	265	155	100
АЛ 70	320	195	130
АЛ 95	380	235	160
АЛ 120	435	270	185
АЛ 150	490	290	205
АЖ 35	280	175	120
АЖ 50	350	220	140
АЖ 70	430	270	180
АЖ 95	500	330	230
АЖ 120	550	370	260
АЖ 150	605	400	290
<b>Сталеалюминиевые:</b>			
АС 25/4,2	230	—	—
АС 35/6,2	320	200	140
АС 50/8,0	360	240	160
АС 70/11	430	290	200
АС 95/16, АС 95/15	525	410	300
АС 120/19	660	475	350
Стальные ПС 25	520	220	150

\* 1. Указанные значения предельных пролетов действительны для алюминиевых проводов из проволоки АТ.

2. Значения предельных пролетов вычислены из условия достижения 80% предела прочности в точках его подвеса, расположенных на одинаковой высоте, при удвоенном весе гололеда и допускаемых по табл. 2.5.7. настоящих Правил.

**Минимальный диаметр проводов ВЛ по условиям короны, мм**

Напряжение ВЛ, кВ	Фаза с проводами	
	одиночными	расщепленными
110	11,4 (АС 70/11)	-
220	21,6 (АС 240/39)	-
500	-	3 x 24,5 (3 x АС 300/66) 2 x 36,2 (2 x АС 700/86)

2.5.43. Механический расчет проводов и тросов ВЛ выше 1000 В должен производиться на основании следующих исходных условий:

- 1) при наибольшей внешней нагрузке;
- 2) при низшей температуре и отсутствии внешних нагрузок;
- 3) при среднегодовой температуре и отсутствии внешних нагрузок.

Допустимые механические напряжения в проводах и тросах при этих условиях приведены в Таблице 2.5.7. настоящих Правил.

Таблица 2.5.7.

**Допустимое механическое напряжение в проводах и тросах ВЛ напряжением выше 1000В**

Провода и тросы	Допустимое напряжение, % предела прочности при растяжении		Допустимое напряжение, даН/мм <sup>2</sup> , для проводов из алюминиевой проволоки			
			АТ		Атп	
	При наибольшей нагрузке* и низшей температуре	При среднегодовой температуре	При наибольшей нагрузке и низшей температуре	При среднегодовой температуре	При наибольшей нагрузке и низшей температуре	При среднегодовой температуре
Алюминиевые А, АКП сечением, мм <sup>2</sup>						
16-35	35	30	5,6	4,8	6,0	5,1
50 и 70	40	30	6,4	4,8	6,8	5,1
95	40	30	6,0	4,5	6,4	4,8
120 и более	45	30	7,2	4,8	7,6	5,1

\* В районах, где толщина стенки гололеда превышает 22 мм, в сталеалюминиевых проводах сечением 120 мм<sup>2</sup> и более и при А:С=4,29+18,09, а также в стальных тросах сечением 95 мм<sup>2</sup> и более допускается повышенное напряжение при наибольшей нагрузке до 60% предела прочности. Однако при этом, для толщины стенки 20 мм напряжение в сталеалюминиевых проводах не должно превышать 45%, а в тросах 50% предела прочности.

Сплавы алюминия АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм <sup>2</sup> :						
16-25	35	30	10,2	8,7	10,5	9,0
35-95 при А:С=6,0 и 6,13	40	30	11,6	8,7	12,0	9,0
70 при А:С=0,95			26,8	20,1	27,2	20,4
95 при А:С=0,65			30,4	22,8	30,8	23,1
120 и более при А:С=6,11+6,25	45	30	13,0	8,7	13,5	9,0
120 и более при А:С=4,29+4,39			14,9	9,9	15,3	10,2
150 и более при А:С=7,71+8,04			12,2	8,1	12,6	8,4
185, 300 и 500 при А:С=1,46			25,0	16,5	25,2	16,8
330 при А:С=12,22			10,8	7,2	11,7	7,8
400 и 500 при А:С=17,93 и 18,09			9,7	6,5	10,4	6,9
Стальные						
ПС всех сечений	50	35	31	21,6	-	-
Гросы ГК всех сечений			По ГОСТ или ТУ**	-	-	-
Из алюминиевого сплава сечением, мм <sup>2</sup>						
16-95 из сплава АП	40	40	8,3	6,2	-	-
16-95 из сплава АЖ			11,4	8,5	-	-
120 и более из сплава АП	45	30	9,4	6,2	-	-
120 и более из сплава АЖ			12,8	8,5	-	-

2.5.44. В механических расчетах проводов и тросов ВЛ следует принимать физико-механические характеристики, приведенные в Таблице 2.5.8. настоящих Правил.

Область применения (минимальные допустимые сечения и т.п.) проводов из алюминиевого сплава марки АН соответствует области применения алюминиевых проводов, а проводов из алюминиевого сплава марки АЖ - области применения сталелюминевых проводов.

2.5.45. Механические напряжения, возникающие в высших точках подвески алюминиевых и стальных проводов, не должны превышать 105% значений, приведенных в Таблице 2.5.7. настоящих Правил. Напряжения в высших точках подвески сталелюминевых проводов на всех участках ВЛ, в том числе и на больших переходах, должны составлять не более 110%, значений, указанных в Таблице 2.5.7. настоящих Правил.

\*\* В зависимости от разрывного усилия троса в целом



## Физико-механические характеристики проводов и тросов

Провода и тросы	Приведенная нагрузка от собственного веса, $10^{-3}$ даН/(м мм <sup>2</sup> )	Модуль упругости, $10^3$ даН/мм <sup>2</sup>	Температурный коэффициент линейного удлинения, $10^{-6}$ град <sup>-1</sup>	Предел прочности при растяжении, даН/мм <sup>2</sup> , провода и троса в целом		
				Из проволоки		Из стали и сплавов
				АТ	АТп	
Алюминиевые А, АКП сечением, мм <sup>2</sup>						
До 400, за исключением 95 и 240	2,75	6,3	23,0	16	17	-
450 и более, а также 95 и 240	2,75	6,3	23,0	15	16	-
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм <sup>2</sup>						
10 и более при А:С=6,0÷6,25	3,46	8,25	19,2	29	30	-
70 при А:С=0,95	5,37	13,4	14,5	67	68	-
95 при А:С=0,65	5,85	14,6	13,9	76	77	-
120 и более при А:С=4,29÷4,39	3,71	8,9	18,3	33	34	-
150 и более при А:С=7,71÷8,04	3,34	7,7	19,8	27	28	-
185 и более при А:С=1,46	4,84	11,4	15,5	55	56	-
330 при А:С=12,22	3,15	6,65	21,2	24	26	-
400 и 500 при А:С=17,93÷18,09	3,03	6,65	21,2	21,5	23	-
Стальные:						
ПС всех сечений	8,0	20,0	12,0	-	-	62
тросы ТК всех сечений	8,0	20,0	12,0	-	-	•
из алюминиевого сплава АН	2,75	6,5	23,0	-	-	20,8
из алюминиевого сплава АЖ	2,75	6,5	23,0	-	-	28,5

2.5.46. На ВЛ с подвесными изоляторами должны быть защищены от вибрации:

1. Одиночные алюминиевые и сталеалюминиевые провода и тросы из алюминиевого сплава сечением до 95 мм<sup>2</sup> в пролетах длиной более 80 м, сечением 120-240 мм<sup>2</sup> в пролетах более 100 м, сечением 300 мм<sup>2</sup> и более в пролетах

\* Принимается по соответствующим ГОСТ, но не менее 120 даН/мм<sup>2</sup>

более 120 м, стальные многопроволочные провода и тросы всех сечений в пролетах более 120 м - при прохождении ВЛ по открытой ровной или малопересеченной местности, если механическое напряжение при среднегодовой температуре составляет более, даН/мм<sup>2</sup>:

для алюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АН.....	3,5
для сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АЖ.....	4,0
для стальных проводов и тросов.....	18,0

При прохождении ВЛ по сильно пересеченной или застроенной местности, а также по редкому или низкорослому (ниже высоты подвеса проводов) лесу длина пролетов и значения механических напряжений, при превышении которых необходима защита от вибрации, увеличиваются на 20%.

2. Провода расщепленной фазы, состоящей из двух проводов, соединенных распорками, в пролетах длиной более 150 м - при прохождении ВЛ по открытой ровной или слабо пересеченной местности, если механическое напряжение в проводах при среднегодовой температуре составляет более, даН/мм<sup>2</sup>:

для алюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АН.....	4,0
для сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АЖ.....	4,5

При прохождении ВЛ по сильно пересеченной или застроенной местности, а также по редкому или низкорослому (ниже высоты подвеса проводов) лесу значения механических напряжений, при превышении которых необходима защита от вибрации, увеличиваются на 10%.

При применении расщепленной фазы, состоящей из трех или четырех проводов с групповой установкой распорок, защита от вибрации не требуется (кроме случаев, указанных в подпункте 3).

3. Провода и тросы при пересечении рек, водоемов, горных ущелий, узких долин и других преград с пролетами более 500 м - независимо от числа проводов и фаз и значения механического напряжения; при этом защите от вибрации подлежат все пролеты участка перехода.

На участках ВЛ, защищенных от поперечных ветров, при прохождении по лесному массиву с высотой деревьев более высоты подвеса проводов, вдоль горной долины и т.п. защита проводов и тросов от вибрации не требуется.

2.5.47. Для защиты от вибрации алюминиевых проводов и проводов из алюминиевых сплавов АЖ и АН сечением до 95 мм<sup>2</sup> и сталеалюминиевых проводов сечением до 70 мм<sup>2</sup> рекомендуется применять гасители вибрации петлевого типа, а для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов большего сечения и стальных проводов и тросов – гасители вибрации обычного типа.

2.5.48. На проводах расщепленной фазы в пролетах и петлях анкерных опор должны быть установлены дистанционные распорки. Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете, не должны превышать 75 м.

### **Расположение проводов и тросов и расстояния между ними**

2.5.49. На ВЛ может применяться любое расположение проводов на опоре. На ВЛ 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов, как правило, должно быть предусмотрено смещение проводов соседних ярусов по горизонтали (см. также пункт 2.5.52 настоящих Правил).

В районах с толщиной стенки гололеда 15 и 20 мм при прочих равных условиях рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов.

При толщине стенки гололеда более 20 мм на ВЛ 35 кВ и выше следует применять только горизонтальное расположение проводов. На ВЛ 20 кВ и ниже в районах с толщиной стенки гололеда более 20 мм допускается смешанное расположение проводов (треугольник с креплением верхнего провода на стойке).

На ВЛ 500 кВ рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов независимо от толщины стенки гололеда.

2.5.50. Расстояния между проводами ВЛ должны выбираться по условиям работы проводов, а также по допустимым изоляционным расстояниям между проводами и элементами опоры, принимаемым в соответствии с пунктами 2.5.36 и 2.5.71. настоящих Правил

Выбор расстояний между проводами, а также между проводами и тросами из условий работы в пролете и защиты от грозových перенапряжений производится по стрелам провеса, соответствующим габаритному пролету, согласно указаниям пунктов 2.5.51-2.5.54, 2.5.65 и 2.5.65 настоящих Правил; при этом стрела провеса троса должна быть не более стрелы провеса провода. В отдельных пролетах, выбранных при расстановке опор и превышающих габаритные пролеты не более чем на 25%, увеличения расстояний, вычисленных для габаритного пролета, не требуется.

Для пролетов, превышающих габаритные более чем на 25%, следует производить проверку расстояний между проводами согласно указаниям пунктов 2.5.51-2.5.53 настоящих Правил, а между проводами и тросами - по указаниям пунктов 2.5.54, 2.5.65 и 2.5.66 настоящих Правил. При этом допускается определять расстояния между проводами по формулам, приведенным в пунктах 2.5.51-2.5.53 настоящих Правил, без учета требований Таблицы 2.5.10. настоящих Правил.

2.5.51. На ВЛ 35 кВ и выше с подвесными изоляторами при горизонтальном расположении проводов минимальное расстояние между проводами  $d$ , м, по условиям их сближения в пролете определяется в зависимости от номинального напряжения линии и габаритной стрелы провеса по формуле:

$$d = 1,0 + U / 110 + 0,6\sqrt{f} .$$

где  $U$  - напряжение ВЛ, кВ;  $f$  - наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м.

При определении расстояний между проводами ВЛ с пролетами более 500 м расстояния между проводами определяются по наибольшей стреле провеса переходного пролета. Расстояния между проводами при стрелах провеса до 16 м, вычисленные по приведенной выше формуле с допуском округления до значений, кратных 0,25 м, приводятся в Таблице 2.5.9. настоящих Правил.

Таблица 2.5.9.

**Наименьшее допустимое расстояние между проводами  
ВЛ с подвесными  
изоляторами при горизонтальном расположении проводов**

Напряже- ние ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние между проводами, м, при стрелах про- веса, м						
	3	4	5	6	8	12	16
35	2,5	2,5	2,75	2,75	3,0	3,25	3,75
110	3,0	3,25	3,5	3,5	3,75	4,0	4,5
220	-	-	4,25	4,5	4,75	5,0	5,5
500	-	-	-	7,0	7,25	7,5	8,0

При расстояниях  $d > 8$  м допускается округление до значений, кратных 0,5 м, а при  $d > 12$  м - до значений, кратных 1 м.

2.5.52. На ВЛ 35-220 кВ с подвесными изоляторами при негоризонтальном (смешанном или вертикальном) расположении проводов расстояния между проводами по условиям их работы в пролете определяются следующим обра- зом:

1. На промежуточных опорах при стрелах, провеса до 16 м по Таблице 2.5.10. настоящих Правил (в районе II с умеренной пляской проводов, рис. 2.5.3).

При этом в районах с толщиной стенки гололеда 5-10 мм дополнительной проверки по условиям гололеда, не требуется.

В случаях, когда расстояние не может быть определено по Таблице 2.5.10. настоящих Правил (например, при расстояниях по вертикали менее указанных в таблице), расстояние между проводами по прямой должно быть не менее тре- буемого при горизонтальном расположении проводов (смотри пункт 2.5.51 на- стоящих Правил).

В районах с толщиной стенки гололеда 15-20 мм расстояния между прово- дами  $d$ , м, определяемые по табл. 2.5.10, подлежат дополнительной проверке по формуле

$$d = 1,0 + U / 110 + 0,6\sqrt{f} + 0,15V$$

где  $U$  - напряжение ВЛ, кВ;  $f$  - наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м;  $V$  - расстояние между проводами по вертикали, м.

Из двух расстояний - по соответствующей Таблице 2.5.10. настоящих Правил и по приведенной выше формуле - следует принимать большее:

2. На промежуточных опорах при стрелах провеса проводов более 16 м расстояния между проводами определяются по формуле, приведенной в подпункте 1.

3. На всех опорах анкерного типа расстояния между проводами определяются по формуле, приведенной в пункте 2.5.51. настоящих Правил.

На опорах анкерного типа наименьшие смещения проводов соседних ярусов по горизонтали, как правило, должны быть не менее указанных в Таблице 2.5.11. настоящих Правил.

4. На опорах всех типов горизонтальное смещение проводов не требуется, если расстояния между проводами по вертикали превышает  $0,8f + U/250$  при одиночных и

$f + U/250$  при расщепленных проводах.

Таблица 2.5.10.

**Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе II (с умеренной пляской проводов)**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, при габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	2,5	0,70	0,70	1,00	1,60	2,00	2,30	2,50	2,60
	3,0	0,70	0,70	0,70	1,30	1,80	2,15	2,35	2,55
	3,5	0	0,70	0,70	1,00	1,70	2,10	2,30	2,50
	4,0	0	0,70	0,70	0,70	1,50	2,00	2,20	2,45
	4,5	0	0	0,70	0,70	1,10	1,80	2,10	2,40
	5,0	0	0	0	0,70	0,70	1,60	2,00	2,30
	5,5	0	0	0	0,70	0,70	1,00	1,90	2,25
	6,0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,60	2,10
	6,5	0	0	0	0	0	0,70	1,10	1,90
110	3,0	1,20	1,20	1,20	1,70	2,20	2,40	2,65	2,80
	3,5	1,20	1,20	1,20	1,50	2,00	2,40	2,60	2,70
	4,0	0	1,20	1,20	1,20	1,70	2,20	2,50	2,65
	4,5	0	0	1,20	1,20	1,50	2,00	2,40	2,60
	5,0	0	0	0	1,20	1,20	1,80	2,30	2,50
	5,5	0	0	0	1,20	1,20	1,50	2,10	2,45
	6,0	0	0	0	0	1,20	1,20	1,90	2,30
	6,5	0	0	0	0	0	1,20	1,60	2,10
	7,0	0	0	0	0	0	1,20	1,20	2,00
220	5,0	0	0	2,00	2,00	2,00	2,30	2,70	3,00
	5,5	0	0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,60	2,80
	6,0	0	0	0	0	2,00	2,00	2,40	2,70
	6,5	0	0	0	0	0	2,00	2,20	2,60
	7,0	0	0	0	0	0	2,00	2,00	2,35

**Наименьшее смещение проводов соседних ярусов  
по горизонтали на опорах анкерного типа**

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее смещение, м, при толщине стенки гололеда, мм	
	5-10	15-20
35	0,5	0,7
110	0,7	1,2
220	1,5	2,0

Формулы, приведенные в подпунктах 1 и 4, действительны также для ВЛ 500 кВ. При этом смещения проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах должны быть не менее указанных в Таблице 2.5.13. настоящих Правил.

При применении устройств защиты ВЛ от пляски проводов допускается принимать расстояние между проводами по условиям пляски согласно формуле, приведенной в пункте 2.5.51 настоящих Правил, и горизонтальное смещение проводов соседних ярусов - согласно Таблице 2.5.11 настоящих Правил.

2.5.53. На ВЛ 35 кВ и ниже со штыревыми изоляторами при любом расположении проводов расстояние между проводами  $d$ , м, по условиям их сближений в пролете должно быть не менее значений, определяемых по формуле

$$d = U / 110 + 0,19 \sqrt{f \cdot b},$$

где  $U$  — напряжение ВЛ, кВ;  $f$  — наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м;  $b$  — толщина стенки гололеда, мм (но не более 20 мм).

Расстояния между проводами, вычисленные по приведенной выше формуле при стрелах провеса до 4 м, приводятся в Таблице 2.5.12. настоящих Правил.

Таблица 2.5.12.

**Наименьшее расстояние между проводами ВЛ со штыревыми изоляторами**

Напряжение ВЛ, кВ	Толщина стенки голо- леда, мм	Наименьшее расстояние между проводами, м, при стреле провеса, м					
		до 1,5	2	2,5	3	3,5	4
6-10	5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,90
	10	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,25
	15	0,95	1,1	1,25	1,35	1,45	1,55
	20 и более	1,1	1,3	1,4	1,5	1,65	1,75
20	5	0,7	0,8	0,85	0,9	1,0	1,0
	10	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
	15	1,1	1,2	1,35	1,45	1,55	1,65
	20 и более	1,2	1,4	1,5	1,65	1,8	1,9
35	5	0,85	0,9	1,0	1,05	1,1	1,2
	10	1,05	1,2	1,25	1,4	1,45	1,5
	15	1,2	1,35	1,5	1,6	1,7	1,8
	20 и более	1,35	1,5	1,65	1,8	1,9	2,0

2.5.54. Расстояния между тросом и проводом по вертикали на опорах ВЛ 35-220 кВ с одним тросом определяются для габаритных пролетов по условиям защиты от перенапряжений и в соответствии с требованиями, приведенными в пунктах 2.5.65 и 2.5.66 настоящих Правил.

В отдельных пролетах, выбранных при расстановке опор по профилю и превышающих габаритные пролеты, допускается применение опор с расстоянием между проводами и тросами, выбранными по габаритным пролетам.

На опорах ВЛ 35-220 кВ с горизонтальным расположением проводов и двумя тросами горизонтальные смещения между тросом и ближайшим проводом должны быть не менее: 1 м на ВЛ 35 кВ, 1,75 м на ВЛ 110 кВ, 2,3 м на ВЛ 220 кВ.

На промежуточных опорах ВЛ 500 кВ горизонтальные смещения между тросом и ближайшим проводом принимаются по Таблице 2.5.13 настоящих Правил.

Таблица 2.5.13.

**Наименьшее смещение проводов и тросов  
по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 500 кВ**

Расстояние между проводами и тросом по вертикали, м	Наименьшее смещение, м, при габаритной стреле провеса, м			
	10	12	14	16
9,0	2,0	3,5	4,0	4,0
10,0	2,0	3,0	4,0	4,0
11,0	2,0	2,0	3,0	3,5
12,0	2,0	2,0	2,5	3,0

На опорах анкерного типа ВЛ 35-500 кВ допускается подвеска троса над проводом без горизонтального смещения при условии, что количество таких опор не превышает в среднем 0,5 на 1 км линии.

2.5.55. На двухцепных опорах расстояние между ближайшими проводами разных цепей по условию работы проводов в пролете должно быть не менее: 2 м для ВЛ до 20 кВ со штыревыми изоляторами, 2,5 м для ВЛ 35 кВ со штыревыми и 3 м с подвесными изоляторами, 4 м для ВЛ 110 кВ, 6 м для ВЛ 220 кВ и 8,5 м для ВЛ 500 кВ. Расстояния между ближайшими проводами разных цепей должны также удовлетворять требованиям пунктов 2.5.51-2.5.53 настоящих Правил.

2.5.56. Провода ВЛ разных напряжений выше 1000 В могут быть подвешены на общих опорах.

Допускается подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 10 кВ и ВЛ до 1000 В при соблюдении следующих условий:

1. ВЛ до 1000 В должны выполняться по расчетным условиям для ВЛ высшего напряжения.

2. Провода ВЛ до 10 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1000 В, причем расстояние между ближайшими проводами ВЛ разных напряжений на опоре, а также в середине пролета при температуре окружающего воздуха плюс 15°C без ветра должно быть не менее 2 м.

3. Крепление проводов ВЛ высшего напряжения на штыревых изоляторах должно быть двойным.

В сетях до 35 кВ с изолированной нейтралью имеющих участки совместной подвески с ВЛ более высокого напряжения электромагнитное и электростатическое влияние последних не должно вызывать смещения нейтрали при нормальном режиме сети более 15% фазного напряжения.

К сетям с заземленной нейтралью подверженным влиянию ВЛ более высокого напряжения, специальных требований в отношении наведенного напряжения не предъявляется.

### Изоляция

2.5.57. На ВЛ 110 кВ и выше должны применяться только подвесные изоляторы; на ВЛ 35 кВ и ниже могут применяться подвесные и штыревые (в том числе опорно-стержневые) изоляторы.

2.5.58. Количество подвесных и тип штыревых изоляторов, а также полимерные изоляторы для ВЛ напряжением 6 кВ и выше выбираются из условия обеспечения надежной работы их в соответствии с отраслевыми документами «Выбор изоляции электроустановок» и «Применение полимерных изоляторов».

2.5.59. При применении подвесных изоляторов с отношением длины пути утечки к строительной высоте более 2,3 гирлянда, выбранная по рабочему напряжению, проверяется по условию воздействия коммутационных перенапряжений, расчетные значения которых приведены в Таблице 2.5.14. настоящих Правил.

Таблица 2.5.14.

#### Расчетное коммутационное перенапряжение, принимаемое при выборе изоляции ВЛ

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Расчетная кратность коммутационных перенапряжений $U_k/U_{\phi}$ наиб раб	Коммутационное перенапряжение, кВ
110	3,0	312
220	3,0	620
500	2,5	1070



2.5.60. При выборе количества подвесных изоляторов в гирлянде необходимо руководствоваться также следующим.

Количество подвесных изоляторов всех типов в натяжных гирляндах ВЛ 110 кВ следует увеличивать на один изолятор по сравнению с рекомендуемым для поддерживающих гирлянд.

На переходных опорах высотой более 40 м количество подвесных изоляторов в гирлянде следует увеличивать по сравнению с принятыми на остальных опорах этой ВЛ на один изолятор на каждые 10 м высоты опоры сверх 40 м.

2.5.61. Коэффициенты запаса прочности изоляторов, т.е. отношение механической нагрузки, разрушающей штыревые и опорно-стержневые изоляторы, или электромеханической разрушающей нагрузки подвесных изоляторов к наибольшей нормативной нагрузке, действующей на изоляторы, должны составлять: при работе ВЛ в нормальном режиме - не менее 2,7, при среднегодовой температуре, отсутствии гололеда и ветра - не менее 5,0; в аварийном режиме для подвесных изоляторов ВЛ 500 кВ - не менее 2,0, а напряжением 220 кВ и ниже - не менее 1,8.

Нагрузки, действующие на изоляторы в аварийном режиме, определяются в соответствии с пунктами 2.5.89, 2.5.90 и 2.5.93 настоящих Правил.

### **Защита от перенапряжений, заземление**

2.5.62. ВЛ 110-500 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине линии.

Сооружение ВЛ 110-500 кВ без тросов допускается:

- 1) в районах с числом грозových часов в году менее 20;
  - 2) на отдельных участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами ( $\rho > 10^3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ );
  - 3) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 20 мм.
- Усиления изоляции для случаев, приведенных в подпунктах 1-3, не требуется.

Защита подходов ВЛ к подстанциям должна выполняться в соответствии с требованиями Главы 4.2. ПУЭ Раздел IV.

2.5.63. Для ВЛ до 35 кВ применения грозозащитных тросов не требуется, защите подлежат только подходы к подстанциям согласно Главы 4.2. ПУЭ Раздел IV

2.5.64. Единичные металлические и железобетонные опоры и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ 35 кВ с деревянными опорами должны защищаться трубчатыми разрядниками или, при наличии АПВ, защитными промежутками, а на ВЛ 110-220 кВ - трубчатыми разрядниками. При отсутствии трубчатых разрядников 110-220 кВ необходимых параметров допускается устанавливать вместо них защитные промежутки.

2.5.65. При выполнении защиты ВЛ от грозových перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

1. Одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более  $30^\circ$ , а с двумя тросами для целей грозозащиты - не более  $20^\circ$ .

2. На металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам должен быть не более  $20^\circ$ ; в III, IV и особом районах по гололеду допускается угол защиты до  $30^\circ$ .

3. На железобетонных и деревянных опорах порталного типа угол защиты по отношению к крайним проводам допускается не более  $30^\circ$ .

4. При защите ВЛ двумя тросами расстояние между ними должно быть не более пятикратного расстояния по вертикали от тросов до проводов.

2.5.66. Расстояния по вертикали между тросом и проводом ВЛ в середине пролета, без учета отклонения их ветром, по условиям защиты от грозových перенапряжений должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.15 настоящих Правил и не менее расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре.

При промежуточных значениях длин пролетов расстояния определяются интерполяцией.

2.5.67. Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220-500 кВ должно быть выполнено при помощи изолятора, шунтированного искровым промежутком размером 40 мм.

На каждом анкерном участке длиной до 10 км тросы должны быть заземлены в одной точке путем устройства специальных перемычек на анкерной опоре. При большой длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при КЗ на ВЛ, не происходил пробой искровых промежутков на ВЛ.

Таблица 2.5.15.

**Наименьшее расстояние между тросом и проводом в середине пролета**

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м	Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м
100	2,0	700	11,5
150	3,2	800	13,0
200	4,0	900	14,5
300	5,5	1000	16,0
400	7,0	1200	18,0
500	8,5	1500	21,0
600	10,0		

Изолированное крепление троса рекомендуется выполнять стеклянными изоляторами.

В случае подвески тросов на нескольких изоляторах, например для плавки гололеда на тросах или для связи, размер искрового промежутка должен быть скоординирован с электрической прочностью гирлянды, на которой подвешен трос.

На подходах ВЛ 220 кВ к подстанциям на длине 2-3 км и на подходе ВЛ 500 кВ на длине не менее 5 км, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлять на каждой опоре.

На ВЛ 110 кВ и ниже, если не предусмотрена плавка гололеда на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах. Если такая плавка предусмотрена, то изолированное крепление троса должно быть выполнено по всей длине ВЛ.

2.5.68. На ВЛ с деревянными опорами portalного типа расстояние между фазами по дереву должно быть не менее 3 м для ВЛ 35 кВ.

На одностоечных деревянных опорах допускается следующие расстояния между фазами по дереву: 2,5 м для ВЛ 35 кВ, 0,75 м для ВЛ 3-20 кВ при условии соблюдения расстояний в пролете согласно пункту 2.5.53. настоящих Правил

Применение металлических траверс на деревянных опорах не рекомендуется.

2.5.69. Кабельные вставки в ВЛ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены по обоим концам кабеля от грозовых перенапряжений трубчатыми или вентильными разрядниками. Заземляющий зажим разрядника, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим разрядника должен быть соединен с заземлителем отдельным спуском.

2.5.70. На переходах ВЛ через реки, ущелья и т.п. при высоте опор более 40 м и отсутствии на опорах троса должны устанавливаться трубчатые разрядники.

2.5.71. Для ВЛ, проходящих на высоте до 1000 м над уровнем моря, изоляционные расстояния по воздуху от проводов и арматуры, находящейся под напряжением, до заземленных частей опор должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.16. настоящих Правил.

При прохождении ВЛ в горных районах наименьшие изоляционные расстояния по рабочему напряжению и по внутренним перенапряжениям должны быть увеличены по сравнению с приведенными в Таблице 2.5.16. настоящих Правил на 1% на каждые 100 м и выше 1000 м над уровнем моря.

2.5.72. Наименьшие расстояния на опоре между проводами ВЛ в местах их пересечения между собой при транспозиции, ответвлениях, переходе с одного расположения проводов на другое должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.17. настоящих Правил.

**Наименьшее допустимое изоляционное расстояние по воздуху  
от токоведущих до заземленных частей ВЛ**

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 10	20	35	110	220	500
Грозовые перенапряжения для изоляторов штыревых подвесных	15 20	25 35	35 40	– 100	– 180	– 320
Внутренние перенапряжения	10	15	30	80	160	300
Рабочее напряжение	–	7	10	25	55	115
Обеспечение безопасного подъема на опору	–	–	150	150	250	450

**Наименьшее расстояние между фазами ВЛ на опоре**

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 10	20	35	110	220	500
Грозовые перенапряжения	20	45	50	135	250	400
Внутренние перенапряжения	22	33	44	100	200	420
Рабочее напряжение	–	15	20	45	95	200

2.5.73. Дополнительные требования к защите от грозовых перенапряжений ВЛ при пересечении их между собой и при пересечении ими различных сооружений приведены в пунктах 2.5.120, 2.5.127, 2.5.138 и 2.5.150. настоящих Правил

2.5.74. На ВЛ должны быть заземлены:

- 1) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты;
- 2) железобетонные и металлические опоры ВЛ 3-35 кВ;
- 3) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты;

4) металлические и железобетонные опоры ВЛ 110-500 кВ без тросов и других устройств грозозащиты, если это необходимо по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты и автоматики.

2.5.75. Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в подпункте 1 пункта 2.5.74 настоящих Правил, должны быть не более приведенных в Таблице 2.5.18. настоящих Правил.

Таблица. 2.5.18.

**Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ**

Удельное эквивалентное сопротивление земли $\rho$ , Ом·м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, Ом
До 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в подпункте 2 пункта 2.5.74 настоящих Правил, должны быть: для ВЛ 3-20 кВ в населенной местности, а также для всех ВЛ 35 кВ - не более приведенных в Таблице 2.5.18 настоящих Правил, для ВЛ 3-20 кВ в ненаселенной местности в грунтах с удельным сопротивлением  $\rho$  до 100 Ом·м - не более 30 Ом, а в грунтах с  $\rho$  выше 100 Ом·м - не более 0,3 $\rho$  Ом.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в подпункте 3 пункта 2.5.74 настоящих Правил, для ВЛ 110 кВ и выше должны быть не более приведенных в табл. 2.5.18, а для ВЛ 3-35 кВ должны выбираться в соответствии с требованиями пунктов 1.7.57 и 1.7.58. ПУЭ Раздел 1.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в подпункте 4 пункта 2.5.74 настоящих Правил, определяются при проектировании ВЛ.

Для ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, выполняемых по условиям грозозащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе, а по остальным условиям - при неотсоединенном тросе.

Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств должны быть в 2 раза меньше по сравнению с приведенными в Таблице 2.5.18. настоящих Правил.

Сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ должны обеспечиваться и измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время. Допускается производить измерение в другие периоды с корректировкой результатов путем введения сезонного коэффициента, однако не следует производить измерение в период, когда на значение сопротивления заземляющих устройств оказывает существенное влияние промерзание грунта.

2.5.76. При прохождении ВЛ 110 кВ и выше в местностях с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными грунтами с удельным сопро-

тивлением  $\rho \leq 500$  Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой искусственных заземлителей. В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления заземляющего устройства должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

Значения сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 3-35 кВ должны обеспечиваться применением искусственных заземлителей, а естественная проводимость фундаментов, подземных частей опор и пасынков (приставок) при расчетах не должна учитываться.

2.5.77. Железобетонные фундаменты опор ВЛ могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (исключение смотри в пунктах 2.5.76 и 2.5.140 настоящих Правил) при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента.

Наличие битумной обмазки на железобетонных опорах и фундаментах, используемых в качестве естественных заземлителей, не должно учитываться.

Измерение проводимости железобетонных фундаментов, подземных частей опор и пасынков должно производиться не ранее чем через 2 мес. после их установки.

2.5.78. Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать все те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, которые металлически соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

Стержни арматуры, используемые для заземления, должны быть проверены на гермическую стойкость при прохождении токов КЗ. За время КЗ стержни должны нагреваться не более чем на  $60^{\circ}\text{C}$ .

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре. При этом свободный конец тросов оттяжек должен присоединяться к рабочей части оттяжек при помощи специального зажима.

Тросы и детали крепления изоляторов к траверсе железобетонных опор должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

2.5.79. Сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ должно быть не менее  $35 \text{ мм}^2$ , а для однопроволочных спусков диаметр - должен быть не менее 10 мм. Допускается применение стальных оцинкованных однопроволочных спусков диаметром не менее 6 мм.

На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как сварным, так и болтовым.

2.5.80. Заземлители ВЛ, как правило, должны находиться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле - 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным

слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором.

## Арматура

2.5.81. Крепление проводов к подвесным изоляторам и крепление тросов следует производить при помощи поддерживающих или натяжных зажимов. Из натяжных зажимов предпочтение следует отдавать зажимам, не требующим разрезания провода. Крепление проводов к штыревым изоляторам следует производить проволочными вязками или специальными зажимами.

2.5.82. Поддерживающие зажимы для подвески проводов могут быть глухими или с заделкой ограниченной прочности. По условию надежности рекомендуется применение глухих зажимов. Подвеску грозозащитных тросов на опорах следует осуществлять только в глухих зажимах.

На больших переходах могут применяться многороликовые подвесы и специальные зажимы.

2.5.83. Соединения проводов и тросов следует производить при помощи соединительных зажимов, сварки, а также при помощи зажимов и сварки в совокупности. В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод или трос.

В пролетах, пересекающих инженерные сооружения, перечисленные в пунктах 2.5.116-2.5.158 и 2.5.161-2.5.165 настоящих Правил, одно соединение на провод (трос) допускается: при сталеалюминиевых проводах с отношением  $A:C \geq 4,29$  - сечением 240 мм<sup>2</sup> и более, с отношением  $A:C \geq 1,46$  - любого сечения, при стальных тросах - сечением 120 мм<sup>2</sup> и более, а также при расщеплении фазы на три сталеалюминиевых провода с отношением  $A:C \geq 4,29$  - сечением 150 мм<sup>2</sup> и более.

Минимальное расстояние от соединительного зажима до зажима с ограниченной прочностью заделки должно быть не менее 25 м.

2.5.84. Прочность заделки проводов и тросов в соединительных и натяжных зажимах должна составлять не менее 90% предела прочности провода или троса.

2.5.85. Коэффициенты запаса прочности линейной арматуры, т. е. отношение минимальной разрушающей нагрузки к нормативной нагрузке, воспринимаемой арматурой, должны быть не менее 2,5 при работе ВЛ в нормальном режиме и не менее 1,7 в аварийном режиме.

На линиях с механическим напряжением в проводах, превышающим 42% предела прочности при наибольшей нагрузке, до освоения арматуры новых типов допускается уменьшение коэффициентов запаса прочности линейной арматуры в нормальном режиме до 2,3.

Коэффициенты запаса прочности крюков и штырей должны быть не менее 2,0 в нормальном режиме и не менее 1,3 в аварийном режиме.

Нагрузки, действующие на арматуру, крюки и штыри в аварийном режиме, определяются в соответствии с пунктами 2.5.89, 2.5.90 и 2.5.93. настоящих Правил.

## Опоры

2.5.86. Опоры ВЛ выше 1000 В разделяются на два основных вида: анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение проводов и тросов в смежных с опорой пролетах, и промежуточные, которые не воспринимают тяжение проводов или воспринимают его частично. На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры. Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

В зависимости от количества подвешиваемых на них цепей опоры разделяются на одноцепные, двухцепные и т. д.

Промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции, опоры анкерного типа должны быть жесткими. Опоры анкерного типа могут быть нормальной и облегченной конструкции.

Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

Проектирование опор, фундаментов и оснований должно производиться с учетом указаний, приведенных в Приложении к настоящей Главе.

2.5.87. Опоры должны рассчитываться на нагрузки нормальных и аварийных режимов ВЛ.

Анкерные опоры должны быть рассчитаны на разность тяжений проводов и тросов, возникающую вследствие неравенства значений приведенных пролетов по обе стороны опоры. При этом условия для расчета разности тяжений устанавливаются при разработке конструкций опор.

Двухцепные опоры во всех режимах должны быть рассчитаны на условия, когда смонтирована только одна цепь.

Опоры должны быть проверены на условия их сборки и установки, а также на условия монтажа проводов и тросов.

2.5.88. Опоры на ВЛ должны рассчитываться на следующие условия нормальных режимов:

1. Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда, скоростной напор ветра  $q_{\max}$  температура минус  $5^{\circ}\text{C}$ .

2. Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом, скоростной напор ветра  $0,25q_{\max}$  температура минус  $5^{\circ}\text{C}$  (смотри также пункт 2.5.33 настоящих Правил).

Анкерные опоры и промежуточные угловые опоры должны рассчитываться также на условия низшей температуры без ветра, если тяжение проводов или тросов в этом режиме больше, чем в режиме наибольших нагрузок.

Концевые опоры должны рассчитываться также на одностороннее тяжение всех проводов и тросов (провода и тросы со стороны подстанции или пролета, смежного с большим переходом, не смонтированы).



2.5.89. Промежуточные опоры ВЛ с поддерживающими гирляндами и глухими зажимами должны рассчитываться на условные горизонтальные статические нагрузки аварийных режимов.

Расчет производится при следующих условиях:

1. Оборваны провод или провода одной фазы (при любом числе проводов на опоре); тросы не оборваны.

2. Оборван один трос; провода не оборваны.

Условные нагрузки прилагаются в местах крепления того провода или троса, при обрыве которого усилия в рассчитываемых элементах опоры получают наибольшие.

Нагрузки от проводов и тросов следует принимать по среднеэксплуатационным условиям (в режиме без гололеда и без ветра).

В расчетах опор ВЛ с нерасщепленными фазами условные нагрузки от провода принимаются:

А. Для свободностоящих металлических опор и опор из любого материала на оттяжках с проводами сечением до  $185 \text{ мм}^2$   $0,5 T_{max}$ ; сечением  $205 \text{ мм}^2$  и более  $0,4 T_{max}$ ;

Б. Для железобетонных свободностоящих опор с проводами сечением до  $185 \text{ мм}^2$   $0,3 T_{max}$ ; сечением  $205 \text{ мм}^2$  и более  $0,25 T_{max}$ ;

В. Для деревянных свободностоящих опор с проводами сечением до  $185 \text{ мм}^2$   $0,25 T_{max}$ ; сечением  $205 \text{ мм}^2$  и более  $0,2 T_{max}$ , где  $T_{max}$  – наибольшее тяжение провода или проводов одной фазы.

Г. Для других опор (опор из новых материалов, металлических гибких опор и т.п.) - в зависимости от гибкости рассчитываемых опор в пределах, указанных в подпунктах А-В.

В расчетах опор ВЛ 500 кВ с расщепленными фазами нормативная условная нагрузка, прилагаемая в месте крепления одной фазы, принимается равной  $0,15 T_{max}$ , но не менее 18 кН.

При применении средств, ограничивающих передачу продольной нагрузки на промежуточную опору (зажимы с ограниченной прочностью заделки, подвеска на блоках, а также другие средства), расчет следует производить на нормативные нагрузки, возникающие при использовании этих средств, но не более условных нагрузок, принимаемых при подвеске проводов в глухих зажимах.

Условная горизонтальная нагрузка от троса принимается равной  $0,5 T_{max}$ .

Для гибких железобетонных опор допускается определять нормативную нагрузку от обрыва троса с учетом гибкости опор.

В расчетах допускается учитывать поддерживающее действие необорванных проводов и тросов в режиме среднегодовой температуры без гололеда и ветра. При этом нормативные условные нагрузки следует принимать как для металлических свободностоящих опор и опор из любого материала на оттяжках, а механические напряжения, возникающие в поддерживающих проводах и тросах, не должны превышать 70% предела прочности.

2.5.90. Промежуточные опоры ВЛ с креплением проводов на штыревых изоляторах при помощи проволочной вязки должны быть рассчитаны в ава-

рийном режиме с учетом гибкости опор на обрыв одного провода, дающего наибольшие усилия в элементах опоры. Условная нормативная горизонтальная нагрузка вдоль линии от тяжения оборванного провода при расчете стойки должна приниматься равной  $0,5T_{\max}$ , но не менее 3,0 кН, где  $T_{\max}$  - наибольшее нормативное тяжение провода.

Для расчета конструкций опор (кроме стойки) следует принимать условную нагрузку от тяжения оборванного провода, равную  $0,25T_{\max}$ , но не менее 1,5кН.

Климатические условия должны приниматься по подпункту 3.пункта 2.5.34. настоящих Правил.

2.5.91. Опоры анкерного типа должны рассчитываться по аварийному режиму на обрыв тех проводов и тросов, при обрыве которых возникают наибольшие усилия в рассматриваемых элементах опоры.

Расчет производится на следующие условия:

1. Для опор ВЛ с алюминиевыми проводами всех сечений, стальными проводами ПС всех сечений и сталеалюминевыми проводами сечением до  $150 \text{ мм}^2$ :

а) оборваны провода двух фаз одного пролета при любом числе цепей на опоре; тросы не оборваны (анкерные нормальные опоры);

б) оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре; тросы не оборваны (анкерные облегченные опоры).

2. Для опор со сталеалюминевыми проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов: оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре; тросы не оборваны (анкерные нормальные опоры).

3. Для анкерных опор независимо от марок и сечений подвешиваемых проводов: оборван один трос в одном пролете при необорванных проводах.

Нагрузки от проводов и тросов принимаются равными тяжению проводов или тросов в режиме гололеда без ветра при температуре минус  $5^{\circ}\text{C}$  или в режиме низшей температуры, если тяжение в последнем режиме больше, чем при гололеде без ветра.

2.5.92. Опоры анкерного типа должны проверяться на следующие монтажные условия:

1. В одном пролете смонтированы все провода и тросы, в другом пролете провода и тросы не смонтированы. Тяжение в смонтированных проводах и тросах принимается условно равным  $2/3$  максимального, а климатические условия - по пункту 2.5.35. настоящих Правил. В этом режиме опора и ее закрепление в грунте должны иметь требуемую нормами прочность без установки временных оттяжек.

2. В одном из пролетов при любом числе проводов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются провода одной цепи, тросы не смонтированы.

3. В одном из пролетов при любом числе тросов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются тросы. Провода не смонтированы.

При проверках по подпунктам 2 и 3 допускается предусматривать временное усиление отдельных элементов опор и установку временных оттяжек.

2.5.93. В расчетах по аварийному режиму промежуточных опор больших переходов с нерасщепленными проводами, подвешиваемыми в глухих зажимах, нормативная нагрузка принимается равной редуцированному тяжению, возникающему при обрыве провода в режиме гололеда без ветра. При расщепленных проводах на нормативную нагрузку вводятся понижающие коэффициенты: 0,8 при расщеплении на два провода, 0,7 - на три провода и 0,6 - на четыре провода.

При подвеске проводов и тросов на роликах условная нагрузка по аварийному режиму, направленная вдоль линии, принимается: при одном проводе в фазе 20 кН, при двух проводах в фазе 35 кН. при трех и более проводах в фазе 50 кН.

Расчет одноцепных промежуточных опор больших переходов производится на обрыв провода или проводов одной фазы, а двухцепных - на обрыв проводов двух фаз, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах опоры получаются наибольшими. При этом тросы считаются необорванными.

Нормативная нагрузка на промежуточные опоры больших переходов от троса, закрепленного в глухом зажиме, принимается равной наибольшему тяжению троса. Провода считаются необорванными.

Одноцепные анкерные опоры больших переходов со сталеалюминевыми проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов, рассчитываются на обрыв провода или проводов одной фазы. Одноцепные анкерные опоры больших переходов со сталеалюминевыми проводами сечением до  $150 \text{ мм}^2$ , а также все двухцепные анкерные опоры с проводами любого сечения рассчитываются на обрыв проводов двух фаз. Тросы считаются необорванными.

Нормативная нагрузка на анкерные опоры больших переходов от троса принимается равной наибольшему тяжению троса. Провода не оборваны.

При определении усилий в элементах опоры учитываются те условные нагрузки или неуравновешенные тяжения, возникающие при обрывах проводов или тросов, при которых эти усилия имеют наибольшие значения.

2.5.94. Опоры ВЛ выше 1000 В должны проверяться на нагрузки, соответствующие способу монтажа, принятому проектом, с учетом составляющих от усилий тягового троса и массы монтируемых проводов (или грозозащитных тросов) и изоляторов, а также на дополнительные нагрузки от массы монтажных приспособлений и монтера с инструментом.

Нормативные нагрузки от веса монтируемых проводов (или тросов) и гирлянд рекомендуется принимать:

1) на промежуточных опорах - с учетом удвоенного веса пролета проводов (тросов) без гололеда и гирлянды, исходя из возможности подъема монтируемых проводов (тросов) и гирлянды через один блок;

2) на анкерных опорах - с учетом усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии  $2,5h$  от опоры, где  $h$  - высота подвеса провода средней фазы на опоре.

Нормативная нагрузка от веса монтера и монтажных приспособлений, прилагаемая в месте крепления изоляторов, принимается равной: для опор ВЛ 500 кВ 2,5 кН, для опор анкерного типа ВЛ до 220 кВ с подвесными изоляторами 2 кН, для промежуточных опор ВЛ до 220 кВ с подвесными изоляторами 1,5 кН, для опор со штыревыми изоляторами 1 кН.

В конструкциях траверс должны быть предусмотрены места для крепления такелажа.

2.5.95. Двух- и трехцепные натяжные гирлянды следует предусматривать с раздельным креплением к опоре. Натяжные гирлянды с количеством цепей более трех, а также гирлянды опор больших переходов должны крепиться к опоре не менее чем в двух точках.

На ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленными проводами сечением 120 мм<sup>2</sup> и более на пересечениях с железными дорогами, автомобильными дорогами I категории, улицами городов с трамвайными и троллейбусными линиями натяжные гирлянды должны быть двухцепными с раздельным креплением каждой цепи к опорам анкерного типа.

На ВЛ со штыревыми изоляторами в населенной местности и на пересечениях с сооружениями, перечисленными в пунктах 2.5.116-2.5.168 настоящих Правил, должно быть предусмотрено двойное крепление проводов.

2.5.96. На ВЛ 110 кВ и выше конструкции опор должны допускать производство ремонтных работ без снятия напряжения (смотри пункт 2.5.71. настоящих Правил).

2.5.97. Конструкция опор ВЛ должна обеспечивать возможность удобного подъема обслуживающего персонала на опору. С этой целью должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

1. На металлических опорах высотой до 20 м при расстояниях между точками крепления решетки к поясам стойки (ствола) опоры более 0,6 м или при угле наклона решетки более 30° должны быть выполнены специальные ступеньки (степ-болты) на одном поясе стойки (ствола) опоры.

2. На металлических опорах высотой более 20 и менее 50 м должны быть выполнены специальные ступеньки или лестницы без ограждений на одном поясе стойки (ствола) опоры, доходящие до отметки верхней траверсы. На металлических двух- и многоценных опорах высотой менее 50 м ступеньки (степ-болты) должны выполняться так, чтобы была обеспечена возможность подъема со стороны отключенной цепи.

3. На металлических опорах высотой 50 м и более должны быть установлены лестницы с ограждениями, доходящие до вершины опоры. При этом на каждой секции опор должны быть выполнены площадки с ограждениями. Ограждения должны выполняться также на траверсах этих опор.

4. На железобетонных опорах должна быть обеспечена возможность подъема на нижнюю траверсу с автовышек, по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств.

Для подъема по железобетонной стойке выше нижней траверсы на опорах ВЛ 35-500 кВ должны быть установлены специальные лазы (например, лестни-

цы без ограждений). Это требование не распространяется на опоры ВЛ 35 кВ, которые изготавливаются с виброуплотнением бетона.

Для подъема на тросостойки и стальные части стоек железобетонных опор ВЛ 35-500 кВ следует предусматривать специальные ступеньки.

5. В местах, недоступных для подъезда автовышек (труднодоступная местность, участки с интенсивным землепользованием, закрепление опор в грунте с устройством банкетов и т.п.), железобетонные опоры, не допускающие подъема по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств (например, опоры с оттяжками или внутренними связями, закрепленными на стойке ниже нижней траверсы), должны быть снабжены стационарными лестницами без ограждений, доходящими до нижней траверсы. Выше нижней траверсы должны быть выполнены устройства, указанные в подпункте 4.

6. Конструкции опор должны обеспечивать возможность закрепления монтажных приспособлений с помощью унифицированных деталей и доступа обслуживающего персонала к узлам крепления гирлянд для производства работ по монтажу гирлянд, проводов и тросов.

Стационарные устройства для подъема на опору должны начинаться с высоты около 3 м от поверхности земли.

Элементы опоры следует проверять на нагрузку от веса человека, нормативное значение которой равно 1 кН.

2.5.98. На ВЛ 35 кВ и выше с проводами, подвешенными на промежуточных опорах в глухих зажимах или в зажимах с ограниченной прочностью заделки, расстояние между анкерными опорами не нормируется и устанавливается в зависимости от условий трассы.

На ВЛ 35 кВ и ниже со штыревыми изоляторами расстояние между анкерными опорами не должно превышать 10 км в районах с толщиной стенки гололеда до 10 мм и 5 км в районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более.

На ВЛ, проходящих по горной или сильно пересеченной местности с толщиной стенки гололеда 15 мм и более, рекомендуется устанавливать опоры анкерного типа на перевалах и других точках, резко возвышающихся над окружающей местностью.

2.5.99. Анкерные опоры следует применять в местах, определяемых условиями работы и монтажа ВЛ. Анкерные опоры облегченной конструкции могут применяться на углах поворота ВЛ и на пересечениях с различными объектами, когда по условиям эксплуатации ВЛ промежуточные опоры не обеспечивают необходимой надежности.

Анкерные опоры нормальной конструкции применяются в случаях, предусмотренных в пунктах 2.5.117, 2.5.130, 2.5.140, 2.5.143, 2.5.148, 2.5.152, 2.5.155 и 2.5.162. настоящих Правил.

2.5.100. На стойках железобетонных опор несмываемой краской должны быть нанесены заводская маркировка с указанием проектного шифра стойки и кольцевые полосы (выше уровня грунта) с указанием расстояния от полосы до заглубленного в грунт конца стойки.

## Прохождение ВЛ по ненаселенной и труднодоступной местности

2.5.101. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности при нормальном режиме работы ВЛ должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.19. настоящих Правил.

Наименьшие расстояния определяются при наибольшей стреле провеса провода (при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током или при гололеде без ветра).

2.5.102. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до ближайших выступающих частей отдельно стоящих зданий и сооружений (охранная зона) должны быть не менее: 10 м для ВЛ до 20 кВ; 15 м для ВЛ 35 кВ; 20 м для ВЛ 110 кВ, 25 м для ВЛ 220 кВ; 30 м для ВЛ 500 кВ. В отдельных случаях, по согласованию с заинтересованными организациями, допускается уменьшение указанных расстояний, однако они должны быть не менее приведенных в пункте 2.5.112. настоящих Правил. Кроме того, расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до указанных зданий и сооружений по условиям защиты от радиопомех должен быть не менее указанных в пункте 2.5.112 настоящих Правил.

Таблица 2.5.19.

### Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности

Характеристика местности	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	до 110	220	500
Ненаселенная местность	6	7	8
Труднодоступная местность	5	6	7
Педоступные склоны гор, скалы, утесы и т.п.	3	4	5
Районы тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустынь	6	6,5	7

### Прохождение ВЛ по лесным массивам, зеленым насаждениям, пахотным и культурным землям

2.5.103. Для прохождения ВЛ по лесным массивам должны быть прорублены просеки. При определении ширины просеки должны учитываться условия эксплуатации ВЛ и лесного хозяйства с точки зрения опасности падения деревьев на ВЛ и возможности быстрой ликвидации повреждений (породы леса, характер грунтов, доступность трассы и пр.).

Необходимо избегать сооружения ВЛ в насаждениях, расположенных узкими полосами по направлению ВЛ.

Ширина просек для ВЛ в лесных массивах и зеленых насаждениях должна приниматься:

1. В насаждениях низкорослых пород высотой до 4 м - не менее расстояния между крайними проводами ВЛ плюс 6 м (по 3 м в каждую сторону от крайних проводов). При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов с насаждениями высотой не более 4 м вырубка просек не обязательна.

2. В насаждениях высотой более 4 м:

а) для всех ВЛ 500 кВ, а также для радиальных ВЛ 220 кВ и ниже, служащих единственным источником питания потребителей - не менее расстояния между крайними проводами плюс расстояния, равные высоте основного лесного массива, с каждой стороны от крайних проводов ВЛ; при этом отдельные деревья или группы деревьев, растущие на краю просеки для ВЛ, должны вырубаться, если их высота больше, чем расстояние по горизонтали от деревьев до проводов ВЛ;

б) для остальных ВЛ 220 кВ и ниже, отключение которых не вызывает прекращения питания потребителей, - не менее указанных в пункте 2.5.104 настоящих Правил.

Если провода ВЛ, проходящих по косогорам и оврагам, находятся выше вершук деревьев более чем на 8 м, то просека вниз по склону прорубается с расстоянием по горизонтали 2 м от крайнего провода.

Высота основного лесного массива принимается с учетом его перспективного роста на 25 лет.

2.5.104. В парках, заповедниках, зеленых зонах вокруг населенных пунктов, ценных лесных массивах, защитных полосах вдоль железных и шоссейных дорог, водных пространств ширину просек для ВЛ следует предусматривать такой, чтобы расстояния от проводов при их наибольшем отклонении до кроны деревьев по горизонтали были не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ; 4 м для ВЛ 35-110 кВ; 5 м для ВЛ 220 кВ; 6 м для ВЛ 500 кВ.

Радиус кроны принимается с учетом ее перспективного роста на 25 лет.

Следует избегать вырубки лесозащитных насаждений, расположенных вдоль железных дорог и водных пространств.

2.5.105. При прохождении ВЛ по пахотным и культурным землям рекомендуется не занимать земли, орошаемые дождевальными установками.

### **Прохождение ВЛ по населенной местности**

2.5.106. При прохождении ВЛ по населенной местности угол пересечения с улицами (проездами) не нормируется. При прохождении ВЛ вдоль улицы допускается расположение проводов над проезжей частью.

В населенной местности одностоечные деревянные опоры ВЛ должны быть железобетонными пасынками.

Опоры, устанавливаемые на перекрестках, поворотах улиц и проездов, должны быть защищены от наезда автотранспорта.

2.5.107. Крепление проводов на штыревых изоляторах должно быть двойным; при применении подвесных изоляторов крепление проводов должно выполняться глухими зажимами. При сечении проводов  $300 \text{ мм}^2$  и более допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В пролете пересечения ВЛ с улицами ( проездами) провода и тросы не должны иметь соединений: как исключение допускается установка одного соединительного зажима на каждом проводе сечением не менее  $240 \text{ мм}^2$ .

2.5.108. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли на населенной местности при наибольшей стреле провеса (без учета нагрева провода электрическим током) должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.19. настоящих Правил.

2.5.109. В местах пересечения ВЛ с улицами, проездами и т.п. расстояния по вертикали от проводов ВЛ сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  до поверхности земли должны быть проверены также на обрыв провода в соседнем пролете при среднегодовой температуре воздуха без ветра и гололеда, без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.20. настоящих Правил.

Таблица 2.5.20.

**Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли, зданий и сооружений на населенной местности**

Условия работы ВЛ	Участок, сооружение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ			
		До 35	110	220	500
Нормальный режим	До поверхности земли	7	7	8	8
	До зданий или сооружений	3	4	5	—
Обрыв провода в соседнем пролете	До поверхности земли	4,5	4,5	5,5	—

При прохождении ВЛ в пределах специально отведенных в городской черте коридоров, а также для ВЛ с проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка вертикальных расстояний при обрыве проводов не требуется

2.5.110. Расстояние по горизонтали от основания опоры ВЛ до кювета или бордюрного камня проезжей части улицы (проезда) должно быть не менее 1,5 м; расстояние до тротуаров и пешеходных дорожек не нормируется.

2.5.111. Прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями, за исключением выполненных из негорючих материалов производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, запрещается.

Расстояния по вертикали от проводов ВЛ до производственного здания или сооружения, выполненного из негорючих материалов, при наибольшей стреле



ле провеса должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.20. настоящих Правил.

Прохождение ВЛ 500 кВ над зданиями и сооружениями запрещается. В виде исключения допускается прохождение ВЛ 500 кВ над несгораемыми производственными зданиями электрических станций с расстоянием по вертикали от проводов до зданий не менее 7 м при условии обеспечения защиты персонала, находящегося внутри здания, от влияния электрического поля.

Металлические крыши, над которыми проходят ВЛ, должны быть заземлены. Сопротивление заземления крыш должно быть не более указанного в Таблице 2.5.18. настоящих Правил.

Прохождение ВЛ по территориям стадионов и детских учреждений не допускается.

2.5.112. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших выступающих частей зданий и сооружений должны быть не менее: 2 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35- 110 кВ, 6 м для ВЛ 220 кВ.

Допускается уменьшение указанных расстояний при приближении ВЛ к глухим стенам производственных зданий и сооружений, выполненных из негорюемых материалов. При этом любое расстояние между отклоненным проводом и зданием (сооружением) должно быть не менее приведенных в пункте 2.5.111. настоящих Правил

Расстояние по горизонтали от крайних проводов ВЛ 500 кВ до:

а) ближайших выступающих частей непромышленных зданий и сооружений и производственных зданий и сооружений электрических станций и подстанций при наибольшем отклонении проводов должны быть не менее 10 м;

б) выступающих частей жилых и общественных зданий, производственных зданий и сооружений (кроме электрических станций и подстанций), при неотклоненном положении проводов должны быть не менее 30 м.

Если при указанных расстояниях от ВЛ 35-220 кВ до зданий и сооружений, имеющих приемную радио- или телевизионную аппаратуру, не обеспечиваются требования ГОСТ 22012-82 «Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций» и если соблюдение требований ГОСТ 22012-82 не может быть достигнуто специальными мерами (применением выносных антенн, изменение конструкции ВЛ и др.) или эти меры экономически нецелесообразны, расстояния от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до выступающих частей этих зданий и сооружений должны быть приняты в проекте не менее: 10 м для ВЛ 35 кВ, 50 м для ВЛ 110-220 кВ и 100 м для ВЛ 500 кВ.

Расчет уровня радиопомех должен выполняться с учетом пункта 1.3.33 ПУЭ Раздел I и пункта 2.5.41. настоящих Правил

2.5.113. Сближение ВЛ со зданиями и сооружениями, содержащими взрывоопасные и пожароопасные помещения, а также со взрывоопасными и пожа-

роопасными наружными установками должно выполняться в соответствии с пунктом 2.5.160. настоящих Правил.

2.5.114. Расстояния от проводов ВЛ до деревьев, расположенных вдоль улиц, в парках и садах, а также до тросов подвески дорожных знаков должны приниматься не более указанных в пункте 2.5.104. настоящих Правил.

2.5.115. Расстояния от заземленных частей опор ВЛ до проложенных в земле силовых кабельных линий должны приниматься в соответствии с пунктом 2.3.93. настоящих Правил.

### **Пересечение и сближение ВЛ между собой**

2.5.116. Угол пересечения ВЛ выше 1000 В между собой и с ВЛ до 1000 В не нормируется.

Место пересечения должно выбираться возможно ближе к опоре верхней (пересекающей) ВЛ: при этом, однако, расстояние по горизонтали от этой опоры до проводов нижней (пересекаемой) ВЛ при наибольшем отклонении проводов должно быть не менее 6 м, а от опор нижней (пересекаемой) ВЛ до проводов верхней (пересекающей) ВЛ - не менее 5 м. Для анкерных опор ВЛ 500 кВ указанные расстояния должны быть не менее 10 м (смотри также пункт 2.5.119 настоящих Правил).

Допускается в отдельных случаях выполнение пересечений ВЛ на опоре.

2.5.117. При пересечениях ВЛ 500 кВ между собой опоры пересекающей ВЛ должны быть анкерными нормальной конструкции. Пересечения ВЛ 500 кВ с ВЛ 220 кВ и ниже допускается выполнять на промежуточных опорах.

При сооружении ВЛ 220 кВ и ниже допускается прохождение их под действующими ВЛ 500 кВ в пролетах, ограниченных промежуточными опорами.

При пересечениях ВЛ 220 кВ и ниже между собой допускается применение па пересекающей ВЛ промежуточных опор.

Одностоечные деревянные опоры пересекающей ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть с железобетонными приставками; допускается применение одностоечных деревянных опор без приставок. Повышенные деревянные опоры допускается применять как исключение с деревянными приставками.

Провода пересекающей ВЛ на промежуточных опорах пролета пересечения должны иметь глухие зажимы или двойные крепления на штыревых изоляторах; при сечении провода  $300 \text{ мм}^2$  и более допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки и оставление выпадающих зажимов на существующей ВЛ при сооружении под ней другой ВЛ.

2.5.118. Провода ВЛ более высокого напряжения, как правило, должны быть расположены над проводами ВЛ более низкого напряжения. Допускается как исключение прохождение ВЛ 35 кВ и выше с сечением проводов  $120 \text{ мм}^2$  и более над проводами ВЛ более высокого напряжения, но не выше 220 кВ.

2.5.119. Расстояния между ближайшими проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных

опорах при наличии грозозащитных устройств при температуре окружающего воздуха плюс 15° С без ветра должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.21. настоящих Правил.

Таблица 2.5.21.

**Наименьшее расстояние между проводами или между проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств**

Длина пролета ВЛ, м	Наименьшее расстояние, м, при расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
<b>При пересечении ВЛ 500 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</b>						
до 200	5	5	5	5,5	—	—
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
<b>При пересечении ВЛ 220 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</b>						
до 200	4	4	4	4	—	—
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
<b>При пересечении ВЛ 110-20 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</b>						
до 200	3	3	3	4	—	—
300	3	3	4	4,5	5	—
<b>При пересечении ВЛ 10 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</b>						
до 100	2	2	—	—	—	—
150	2	2,5	2,5	—	—	—

При определении расстояний между проводами пересекающихся ВЛ следует учитывать возможность поражения молнией обеих ВЛ и принимать расстояния для более неблагоприятного случая. Если верхняя ВЛ защищена тросами, то учитывается возможность поражения только нижней ВЛ.

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ до 110 кВ под проводами пересекающих ВЛ, если расстояние по вертикали от проводов пересекающей ВЛ до верха опоры пересекаемой ВЛ на 4 м больше значений, приведенных в Таблице 2.5.21. настоящих Правил.

2.5.120. На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, на опорах, ограничивающих пролеты пересечения, должны устанавливаться трубчатые разрядники на обоих пересекающихся ВЛ.

На ВЛ 35 кВ и ниже допускается применять вместо трубчатых разрядников защитные промежутки. При этом для ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение. Защитные промежутки на односоечных и А-образных опорах с деревянными траверсами выполняются в виде одного за-

земляющего спуска и заканчиваются бандажами на расстоянии 75 см (по дереву) от точки крепления нижнего изолятора. На П- и АП-образных опорах земляющие спуски прокладываются по стойкам П-образной грани опоры до траверсы.

Если расстояние от места пересечения до ближайших опор пересекающихся ВЛ составляет не более 40 м, разрядники или защитные промежутки устанавливаются только на ближайших опорах.

Установка трубчатых разрядников и защитных промежутков не требуется для:

ВЛ с металлическими и железобетонными опорами;

ВЛ с деревянными опорами при расстояниях между проводами ВЛ, пересекающихся между собой и с ВЛ более низких напряжений, не менее: 7 м при напряжении 500 кВ, 6 м при напряжении 220 кВ, 5 м при напряжении 35–110 кВ, 4 м при напряжении 3–20 кВ.

Сопrotивления заземляющих устройств для трубчатых разрядников и защитных промежутков должны быть не более указанных в Таблице 2.5.18. настоящих Правил.

2.5.121. При параллельном прохождении и сближении ВЛ расстояния по горизонтали должны быть не менее указанных в Таблице 2.5.22. настоящих Правил.

Таблица 2.5.22.

**Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ**

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 20	35	110	220	500
Участки нестесненной трассы, между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*				
Участки стесненной трассы и подходы к подстанциям:					
между крайними проводами в отклоненном положении	2,5	4	5	7	15
от отклоненных проводов одной ВЛ до опор другой ВЛ	2	4	4	6	10

\* При сближении ВЛ 500 и В между собой и с ВЛ более низких напряжений - высота наиболее высокой опоры, но не менее 50 м.

## Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи, сигнализации и проводного вещания

2.5.122. Пересечение ВЛ до 35 кВ с ЛС и линией проводного вещания (далее – ЛПВ) должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1. Проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС\* и ЛПВ.
2. Проводами ВЛ и воздушным кабелем ЛС и ЛПВ
3. Подземной кабельной вставкой в ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.
4. Проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

2.5.123. Пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ может выполняться в следующих случаях:

1. Если невозможно проложить ни подземный кабель ЛС и ЛПВ, ни кабель ВЛ.

2. Если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС.

3. Если при применении кабельной вставки в ЛПВ общая длина кабельных вставок ЛПВ превышает допустимые значения.

4. Если на ВЛ напряжением до 35 кВ применены подвесные изоляторы. При этом ВЛ на участке пересечения с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ выполняется с повышенной механической прочностью проводов и опор (смотри пункт 2.5.130 настоящих Правил).

2.5.124. Пересечение ВЛ напряжением 110 кВ и выше с ЛС и ЛПВ должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1. Проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и ЛПВ.

2. Проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

2.5.125. При пересечении ВЛ напряжением 110 кВ и выше с ЛС и ЛПВ применять кабельные вставки в ЛС и ЛПВ не следует (смотри также пункт 2.5.127 настоящих Правил);

1) если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС, а отказ от применения этой кабельной вставки не вызовет нарушения норм мешающего влияния ВЛ на ЛС;

2) если при применении кабельной вставки в ЛПВ общая длина кабельных вставок в ЛПВ превысит допустимые значения, а отказ от применения этой кабельной вставки не приведет к нарушению норм мешающего влияния ВЛ на ЛПВ.

2.5.126. Пересечение проводов ВЛ с воздушными линиями городской телефонной связи не допускается; эти линии в пролете пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями.

\* В данной Главе к кабелям связи относятся металлические и оптические кабели с металлическими элементами

2.5.127. В пролете пересечения ЛС и ЛПВ с ВЛ, на которых предусматриваются каналы высокочастотной связи и телемеханики с аппаратурой, работающей в совпадающем спектре частот и имеющей мощность более 10 Вт на один канал, ЛС и ЛПВ должны быть выполнены подземными кабельными вставками. Длина кабельной вставки определяется по расчету влияния ВЛ на ЛС (ЛПВ), при этом расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции крайнего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее 100 м.

Если мощность высокочастотной аппаратуры, работающей в совпадающем спектре частот, превышает 5 Вт, но не более 10 Вт на один канал, то необходимость применения кабельной вставки ЛС и ЛПВ или принятия других мер защиты определяется по расчету влияния.

Если мощность высокочастотной аппаратуры ВЛ, работающей в совпадающем спектре частот, не превышает 5 Вт на один канал, то применение кабельной вставки по условиям мешающего влияния не требуется.

Если кабельная вставка в ЛС и ЛПВ оборудуется не по условиям мешающего влияния от высокочастотных каналов ВЛ, то расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции на горизонтальную плоскость крайнего провода ВЛ неуплотненных, уплотненных в несовпадающем спектре частот или уплотненных в совпадающем спектре частот при мощности высокочастотной аппаратуры до 10 Вт на один канал должно быть не менее 15 м без учета отклонения проводов ВЛ ветром.

2.5.128. При пересечении ВЛ с подземным кабелем ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1. Угол пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ не нормируется.

2. Расстояние от заземлителя и подземной части опор ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ должно быть не менее приведенных в Таблице 2.5.23. настоящих Правил.

Таблица 2.5.23.

**Наименьшее расстояние от заземлителя и подземной части опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ**

Эквивалентное удельное сопротивление земли $\rho$ , Ом·м	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	До 35	110 – 500
До 100	$0,83\sqrt{\rho}$	10
Более 100 до 500	10	25
Более 500 до 1000	11	35
Более 1000	$0,35\sqrt{\rho}$	50

В случае прокладки кабельной вставки с целью экранирования в стальных трубах или покрытия ее швеллером и т.п. по длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс по 10 м с каждой стороны от крайних проводов, допуска-

ется уменьшение приведенных расстояний до 5 м. В этом случае при пересечении с ВЛ 110 кВ и выше оболочку кабеля следует соединять со швеллером или трубкой по обоим концам.

3. Металлические покровы кабельной вставки должны быть заземлены с обоих концов.

4. Защита кабельной вставки от грозových перенапряжений, типы кабелей, способ оборудования кабельной вставки на участке пересечения выбираются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к кабельным ЛС и ЛПВ.

5. При пересечении ВЛ 500 кВ с ЛС и ЛПВ расстояние в свету от вершины кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проводов ВЛ должно быть не менее 20 м.

2.5.129. При пересечении кабельной вставки в ВЛ до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1. Угол пересечения кабельной вставки в ВЛ с ЛС и ЛПВ не нормируется.

2. Расстояние от подземного кабеля вставки в ВЛ до незаземленной опоры ЛС и ЛПВ должно быть не менее 2 м, а до заземленной опоры ЛС (ЛПВ) и ее заземлителя - не менее 10 м.

3. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ, неуплотненной и уплотненной в несовпадающем спектре частот и в совпадающем спектре частот в зависимости от мощности высокочастотной аппаратуры, до проекции проводов ЛС и ЛПВ должно выбираться в соответствии с требованиями, изложенными в пункте 2.5.127 настоящих Правил для случая пересечения проводов ВЛ с подземным кабелем ЛС и ЛПВ.

4. Подземные кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.3 и в пункте 2.5.69. настоящих Правил

2.5.130. При пересечении проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ необходимо соблюдать следующие требования:

1. Угол пересечения проводов ВЛ с проводами ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к  $90^\circ$ . Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

2. Место пересечения следует выбирать возможно ближе к опоре ВЛ. При этом расстояние по горизонтали от опор ВЛ до проводов ЛС и ЛПВ должно быть не менее 7 м, а от опор ЛС и ЛПВ до проекции ближайшего провода ВЛ - не менее 15 м. Кроме того, расстояние в свету от проводов ВЛ 500 кВ до вершин опор ЛС и ЛПВ должно быть не менее 20 м. Не допускается расположение опор ЛС и ЛПВ под проводами ВЛ.

3. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, должны быть анкерными, железобетонными, металлическими или деревянными. Деревянные опоры должны быть усилены дополнительными приставками или подкосами.

Пересечения ВЛ 35 кВ и выше с ЛС и ЛПВ можно выполнять на промежуточных опорах при применении на ВЛ проводов сечением  $120 \text{ мм}^2$  - и более.

4. Провода ВЛ должны быть расположены над проводами ЛС и ЛПВ. Провода ВЛ в пролете пересечения с ЛС и ЛПВ должны быть многопроволочными

сечением не менее: алюминиевые - 70 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые - 35 мм<sup>2</sup>, стальные - 25 мм<sup>2</sup>.

5. Провода и тросы ВЛ, а также провода ЛС и ЛПВ не должны иметь соединений в пролете пересечения. При применении на ВЛ проводов сечением 240 мм<sup>2</sup> и более, а в случае расщепления фазы на три провода - 150 мм<sup>2</sup> и более допускается установка одного соединительного зажима на провод.

6. В пролете пересечений ВЛ с ЛС и ЛПВ на опорах ВЛ должны применяться только подвесные изоляторы и глухие зажимы. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

7. Изменение места установки опор ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, допускается при условии, что отклонение средней длины элемента скрещивания на ЛС и ЛПВ не будет превышать значений, указанных в действующей «Инструкции по скрещиванию телефонных цепей воздушных линий связи».

8. Опоры ЛС и ЛПВ, ограничивающие пролет пересечения или смежные с ним и находящиеся на обочине дороги, должны быть защищены от наезда транспорта.

9. Провода на опорах ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, должны иметь двойное крепление: при траверсном профиле - только на верхней траверсе, при крюковом профиле - на двух верхних цепях.

10. Расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов ЛС и ЛПВ в нормальном режиме ВЛ и при обрыве проводов в смежных пролетах ВЛ должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.24. настоящих Правил.

Таблица 2.5.24.

**Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов ЛС и ЛПВ**

Расчетный режим ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 10	20	35	110	220	500
Нормальный:						
а) ВЛ на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств, а также на металлических и железобетонных опорах	2	3	3	3	4	5
б) ВЛ на деревянных опорах при отсутствии грозозащитных устройств	4	4	5	-	-	-
Обрыв провода в смежных пролетах на ВЛ с подвесной изоляцией	1	1	1	1	2	3,5

При применении на ВЛ плавки гололеда следует проверять габариты до проводов ЛС и ЛПВ в режиме плавки гололеда. Эти габариты проверяются при температуре провода в режиме плавки гололеда и должны быть не меньше, чем при обрыве провода ВЛ в смежном пролете.



Расстояния по вертикали определяются в нормальном режиме при наибольшей стреле провеса проводов (без учета их нагрева электрическим током). В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка по аварийному режиму не требуется.

11. На деревянных опорах ВЛ без грозозащитного троса, ограничивающих пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, при расстояниях между проводами пересекающихся линий менее указанных в строке «б» Таблицы 2.5.24 настоящих Правил должны устанавливаться при напряжении 35 кВ и ниже трубчатые разрядники или защитные промежутки. При установке защитных промежутков на ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение. Трубчатые разрядники и защитные промежутки должны устанавливаться в соответствии с требованиями пункта 2.5.120. настоящих Правил

Сопротивления заземляющих устройств трубчатых разрядников и защитных промежутков при токах промышленной частоты в летнее время должны быть не более:

Эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом м	До 100	Более 100 и до 500	Более 500 и до 1000	Более 1000
--	--------	--------------------	---------------------	------------

Сопротивление заземляющего устройства, Ом м	10	15	20	30
---	----	----	----	----

Применение специальных мер защиты не требуется: для ВЛ с деревянными опорами без грозозащитных тросов при расстояниях между проводами пересекающихся линий не менее приведенных в строке «б» Таблицы 2.5.24 настоящих Правил, для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами для участков ВЛ с деревянными опорами, имеющих грозозащитные тросы.

12. На деревянных опорах ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, должны устанавливаться заземляющие спуски в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ЛС и ЛПВ.

2.5.131. Совместная подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и ЛПВ на общих опорах не допускается.

2.5.132. При сближении ВЛ с воздушными ЛС и ЛПВ расстояния между их проводами и мероприятия по защите от влияния определяются в соответствии с «Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи». Наименьшие расстояния по горизонтали при неотклоненных проводах должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, а на участках стесненной трассы при наибольшем отклонении проводов ВЛ ветром: 2 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35 и 110 кВ, 6 м для ВЛ 220 кВ, 10 м для ВЛ 500 кВ. При этом расстояние в свету от проводов ВЛ 500 кВ до вершин опор ЛС и ЛПВ должно быть не менее 20 м. Шаг транспозиции ВЛ по условию влияния на ЛС и ЛПВ не нормируется.

Должны быть укреплены дополнительными подпорами опоры ЛС и ЛПВ или должны быть установлены сдвоенные опоры в случаях, если при падении опор ЛС и ЛПВ возможно соприкосновение между проводами ЛС и ЛПВ и проводами ВЛ.

2.5.133. При сближении ВЛ со штыревыми изоляторами на участках, имеющих углы поворота, с воздушными ЛС и ЛПВ расстояние между ними должно быть таким, чтобы провод, сорвавшийся с угловой опоры ВЛ, не мог оказаться от ближайшего провода ЛС и ЛПВ на расстоянии менее приведенных в пункте 2.5.132. настоящих Правил. При невозможности выполнить это требование провода ВЛ, проходящие с внутренней стороны поворота, должны иметь двойное крепление.

2.5.134. При сближении ВЛ с подземными кабельными ЛС и ЛПВ наименьшие расстояния между ними определяются в соответствии с «Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи» и должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.23. настоящих Правил.

2.5.135. Расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиостанций должны приниматься по Таблице 2.5.25. настоящих Правил.

Пересечение ВЛ со створом радиорелейной линии должно быть согласовано с организацией, в ведении которой находится радиорелейная линия.

2.5.136. Расстояния от ВЛ до границ приемных радиостанций, выделенных приемных пунктов радиодиффузии и местных радиоузлов должны приниматься по Таблице 2.5.26. настоящих Правил.

Таблица 2.5.25.

**Наименьшее расстояние от ВЛ до антенных сооружений передающих радиостанций**

Антенные сооружения	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	до 110	220-500
Средневолновые и длинноволновые передающие антенны	100	100
Коротковолновые передающие антенны в направлении наибольшего излучения	200	300
То же в остальных направлениях	50	50
Коротковолновые передающие слабонаправленные и ненаправленные антенны	150	200

**Наименьшее расстояние от ВЛ до границ приемных радиочастот, выделенных приемных пунктов радиофикации и местных радиоузлов**

Радиоустройства	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	6-35	110-220	500
Магистральные, областные и районные радиочастоты	500	1000	2000
Выделенные приёмные пункты радиофикации	400	700	1000
Местные радиоузлы	200	300	400

Допустимые сближения установлены, исходя из условия, что уровень поля помех, создаваемых ВЛ на расстоянии 50 м от нее, не превосходит значений, предусмотренных общесоюзными «Нормами допускаемых промышленных радиопомех».

В случае прохождения трассы проектируемой ВЛ в районе расположения особо важных приемных радиоустройств допустимое сближение устанавливается в индивидуальном порядке по согласованию с заинтересованными организациями в процессе проектирования ВЛ.

Если соблюдение расстояний, указанных в Таблице 2.5.26. настоящих Правил, затруднительно, в отдельных случаях допускается их уменьшение (при условии выполнения мероприятий на ВЛ, обеспечивающих соответствующее уменьшение помех), а также перенос всех или части приемных радиоустройств на другие площадки. В каждом таком случае в процессе проектирования ВЛ должен быть составлен и согласован с заинтересованными организациями проект мероприятий по соблюдению норм радиопомех.

Расстояния от ВЛ до телецентров и радиодомов должны быть не менее: 400 м для ВЛ до 20 кВ, 700 м для ВЛ 35-110 кВ, 1000 м для ВЛ 220-500 кВ.

### **Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами**

2.5.137. Пересечение ВЛ с железными дорогами следует выполнять, как правило, воздушными переходами. На железных дорогах с особо интенсивным движением\* и в некоторых технически обоснованных случаях (например, при переходе через насыпи, на железнодорожных станциях или в местах, где устройство воздушных переходов технически затруднено) переходы ВЛ до 10 кВ следует выполнять кабелем.

\* К особо интенсивному движению поездов относится такое движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двухпутных участках составляет более 100 пар в сутки и на однопутных - более 48 пар в сутки.

Пересечение ВЛ 110 кВ и ниже с железными дорогами в местах сопряжения анкерных участков контактной сети запрещается.

Угол пересечения ВЛ с железными дорогами электрифицированными\* и подлежащими электрификации\*\* должен быть не менее 40°. Рекомендуется по возможности во всех случаях производить пересечения под углом, близким к 90°.

2.5.138. При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами расстояния от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений\*\*\* на неэлектрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети электрифицированных дорог или подлежащих электрификации должны быть не менее высоты опоры плюс 3 м. На участках стесненной трассы допускается эти расстояния принимать не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ, 6 м для ВЛ 35- 110 кВ, 8 м для ВЛ 220 кВ и 10 м для ВЛ 500 кВ.

В горловинах железнодорожных станций и в местах сопряжения анкерных участков контактной сети пересечение ВЛ 110 кВ и ниже с железными дорогами не допускается.

2.5.139. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами от проводов до различных элементов железной дороги должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.27. настоящих Правил.

Таблица 2.5.27.

**Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ			
	до 20	35-110	220	500
Для неэлектрифицированных железных дорог от провода до головки рельса в нормальном режиме ВЛ по вертикали:				

\* К электрифицированным железным дорогам относятся все электрифицированные дороги независимо от рода тока и значения напряжения контактной сети.

\*\* К дорогам, подлежащим электрификации, относятся дороги, которые будут электрифицированы в течение 10 лет, считая от года строительства ВЛ, намечаемого проектом.

\*\*\* Габаритом приближения строений называется предназначенное для пропуска подвижного состава предельное поперечное, перпендикулярное пути очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не могут заходить никакие части строений, сооружений и устройств.

железных дорог широкой колеи общего и необщего пользования* и узкой колеи общего пользования	7,5	7,5	8,5	9,5
железных дорог узкой колеи необщего пользования	6	6,5	7,5	8,5
От провода до головки рельса при обрыве провода ВЛ в смежном пролете по вертикали железных дорог широкой колеи	6	6	6,5	-
железных дорог узкой колеи	4,5	4,5	5	-
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог от проводов ВЛ до наивысшего провода или несущего троса в нормальном режиме по вертикали	Как при пересечении ВЛ между собой в соответствии с Таблицей 2.5.21. настоящих Правил (смотри также пункт 2.5.119 настоящих Правил)			
То же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	1	2	3,5
Для неэлектрифицированных железных дорог на участках стесненной трассы от отклоненного проводов ВЛ до габарита приближения строений по горизонтали	При сближении			
	1,5	2,5	2,5	4,5
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог на стесненных участках трасс от крайнего провода ВЛ до крайнего провода, подвешенного с полевой стороны опоры контактной сети, по горизонтали	Как при сближении ВЛ между собой в соответствии с Таблицей 2.5.22. настоящих Правил			
То же, но при отсутствии проводов с полевой стороны опор контактной сети	Как при сближении ВЛ с сооружениями в соответствии с пунктом 2.5.112. настоящих Правил			

Расстояния по вертикали от проводов до различных элементов железных дорог, а также до наивысшего провода или несущего троса электрифицированных железных дорог определяются в нормальном режиме ВЛ при наибольшей стреле провеса с учетом дополнительного нагрева проводов электрическим током. При отсутствии данных об электрических нагрузках ВЛ температура проводов принимается равной плюс 70° С.

В аварийном режиме расстояния проверяются при пересечениях ВЛ с проводами сечением, менее 185 мм<sup>2</sup> для условий среднегодовой температуры, без

\* Железные дороги в зависимости от их назначения разделяются на железные дороги общего пользования, служащие для перевозки пассажиров и грузов по установленным для всех тарифам; железные дороги необщего пользования, связанные непрерывной рельсовой колеей с общей сетью железных дорог и служащие только для хозяйственно-производственных перевозок учреждений, предприятий и организаций, которым эти подъездные пути подчинены.

гололеда и ветра. При сечении проводов  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка в аварийном режиме не требуется.

Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ при расстоянии по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее: 7 м для ВЛ до 110 кВ, 8 м для ВЛ 220 кВ и 9 м для ВЛ 500 кВ.

В отдельных случаях на участках стесненной трассы допускается подвеска проводов ВЛ и контактной сети на общих опорах. Технические условия на выполнение совместной подвески проводов следует согласовывать с ГАЖК «Узбекистон темир йуллари».

При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами, вдоль которых проходят линии связи и сигнализации, необходимо кроме Таблицы 2.5.27 настоящих Правил руководствоваться также требованиями, предъявляемыми к пересечениям и сближениям ВЛ с сооружениями связи.

2.5.140. При пересечении железных дорог общего пользования, электрифицированных и подлежащих электрификации, опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. На участках с особо интенсивным и интенсивным движением\* поездов эти опоры должны быть металлическими.

Допускается в пролете этого пересечения, ограниченного анкерными опорами, установка промежуточной опоры между путями, не предназначенными для прохождения регулярных пассажирских поездов, а также промежуточных опор по краям железнодорожного полотна путей любых дорог. Указанные опоры должны быть металлическими или железобетонными. Крепление проводов на этих опорах должно быть двойным, поддерживающие зажимы должны быть глухими.

Применение опор из любого материала с оттяжками и деревянных одностропных опор не допускается.

При пересечении железных дорог необщего пользования допускается применение анкерных опор облегченной конструкции и промежуточных опор с подвеской проводов в глухих зажимах. Опоры всех типов, устанавливаемые на пересечениях железных дорог необщего пользования, могут быть свободно стоящими или на оттяжках.

Крепление проводов в натяжных гирляндах должно выполняться в соответствии с пунктом 2.5.95. настоящих Правил.

Применение штыревых изоляторов в пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами не допускается.

Использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор и железобетонных пасынков у опор, ограничивающих пролет пересечения, запрещается.

---

\* К интенсивному движению поездов относится также движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двухпутных участках составляет более 50 и до 100 пар в сутки, а на однопутных - более 24 и до 48 пар в сутки.

2.5.141. При пересечении ВЛ с железной дорогой, имеющей лесозащитные насаждения, следует руководствоваться требованиями пункта 2.5.104. настоящих Правил.

### Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами

2.5.142. Угол пересечения ВЛ с автомобильными дорогами не нормируется.

2.5.143. При пересечении автомобильных дорог категории I\* опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

Крепление проводов на ВЛ с подвесными или штыревыми изоляторами должно выполняться в соответствии с пунктом 2.5.95. настоящих Правил.

При пересечении автомобильных дорог категорий II-IV опоры, ограничивающие пролет пересечения, могут быть анкерными облегченной конструкции или промежуточными.

На промежуточных опорах с подвесными изоляторами провода должны быть подвешены в глухих зажимах, а на опорах со штыревыми изоляторами должно применяться двойное крепление проводов. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки. К пересечениям с автомобильными дорогами V категории предъявляются такие же требования, как при прохождении ВЛ по ненаселенной местности.

При сооружении новых автомобильных дорог и прохождении их под действующими ВЛ 500 кВ переустройство ВЛ не требуется, если расстояние от нижнего провода ВЛ до полотна дороги составляет не менее 9 м и от фундамента опоры до бровки полотна дороги - не менее 25 м

2.5.144. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.28. настоящих Правил.

\* Автомобильные дороги в зависимости от категории имеют следующие размеры

Категория дороги	Ширина элементов дорог, м			
	проезжей части	обочин	разделительной полосы	земляного полотна
I	15 и более	3,75	5	27,5 и более
II	7,5	3,75	-	15
III	7	2,5	-	12
IV	6	2	-	10
V	4,5	1,75	-	8

**Наименьшее расстояние при пересечении  
и сближении ВЛ с автомобильными дорогами**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ			
	до 20	35-110	220	500
Расстояние по вертикали:				
а) от провода до полотна дороги: в нормальном режиме ВЛ	7	7	8	9
При обрыве провода с соседнем пролете	5	5	5,5	-
б) от провода до транспортных средств в нормальном режиме ВЛ	2,5	2,5	3,5	4,5
Расстояния по горизонтали:	Высота опоры			
а) от основания опоры до бровки земляного полотна дороги при пересечении	Высота опоры плюс 5 м			
б) то же, но при параллельном следовании	Высота опоры плюс 5 м			
в) то же, но на участках стесненной трассы от любой части опоры до подошвы насыпи дороги или до наружной бровки кювета:	Высота опоры плюс 5 м			
При пересечении дорог категорий I и II	5	5	5	10
При пересечении дорог остальных категорий	1,5	2,5	2,5	5
г) при параллельном следовании от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки земляного полотна дороги	2	4	6	10

Во всех случаях сближения ВЛ с криволинейными участками автомобильных дорог, проходящих по насыпи, минимальные расстояния от проводов ВЛ до бровки дороги должны быть не менее указанных в Таблице 2.5.28. настоящих Правил расстояний по вертикали.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме проверяются при наибольшей стреле провеса без учета нагрева проводов электрическим током.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее 185 мм<sup>2</sup> при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185 мм<sup>2</sup> и более проверка по аварийному режиму не требуется.

2.5.145. В местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами, по которым предусматривается передвижение автомобилей и других транспортных средств



высотой более 3,8 м, с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки, указывающие допустимую высоту движущегося транспорта с грузом.

При расстояниях по вертикали от провода ВЛ до полотна автомобильной дороги, превышающих указанные в Таблице 2.5.28. настоящих Правил более чем на 2 м, сигнальные знаки допускается не устанавливать.

Подвеска дорожных знаков в местах пересечения ВЛ с дорогами в пределах охранных зон (смотри пункт 2.5.102. настоящих Правил) не допускается.

2.5.146. Опоры ВЛ, находящиеся на обочине автомобильной дороги, должны быть защищены от наезда транспорта.

### **Пересечение и сближение ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями**

2.5.147. Угол пересечения ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями не нормируется.

2.5.148. При пересечении троллейбусных и трамвайных линий опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. Для ВЛ с сечением проводов 120 мм<sup>2</sup> и более допускаются также промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах и с двойным креплением на штыревых изоляторах. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В случае применения анкерных опор подвеска проводов должна выполняться в соответствии с пунктом 2.5.95. настоящих Правил

2.5.149. Расстояния по вертикали при пересечении и сближении ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями при наибольшей стреле провеса проводов должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.29. настоящих Правил.

В нормальном режиме расстояния по вертикали проверяются при наибольшей стреле провеса (без учета нагрева провода электрическим током).

В аварийном режиме расстояния по вертикали проверяются для ВЛ с проводами сечением менее 185 мм<sup>2</sup> при среднегодовой температуре без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185мм<sup>2</sup> и более проверка расстояний по аварийному режиму не производится.

2.5.150. Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ при расстояниях по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее: 7 м для ВЛ напряжением до 110 кВ, 8 м для ВЛ 220 кВ и 9 м для ВЛ 500кВ.

### **Пересечение ВЛ с водными пространствами**

2.5.151. При пересечении ВЛ с водными пространствами (реки, каналы, озера, заливы, гавани и т.п.) угол пересечения с ними не нормируется.

2.5.152. При пересечении водных пространств с регулярным судоходным движением опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми. Для ВЛ с сечением сталеалюминевых проводов 120 мм<sup>2</sup> и более или стальных канатов типа ТК сечением 50 мм<sup>2</sup> и более допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа; при этом в обоих случаях опоры, смежные с ними, должны быть анкерными концевыми.

Таблица 2.5.29.

**Наименьшее расстояние от проводов ВЛ при пересечении или сближении с троллейбусными и трамвайными линиями**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	до 110	220	500
Расстояние по вертикали от проводов ВЛ:			
а) при пересечении с троллейбусной линией (в нормальном режиме)			
до высшей отметки проезжей части	11	12	13
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	4	5
б) при пересечении с трамвайной линией (в нормальном режиме):			
до головки рельса	9,5	10,5	11,5
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	4	5
в) при обрыве провода ВЛ в соседнем пролете до проводов или несущих тросов троллейбусной или трамвайной линии	1	2	-
Расстояние по горизонтали при сближении от отклоненных проводов ВЛ до опор троллейбусных и трамвайных контактных сетей	3	4	5

При применении в пролете пересечения промежуточных опор провода и тросы должны крепиться к ним глухими или специальными зажимами (например, многороликовыми подвесами).

К пересечениям водных путей местного значения с навигационной глубиной 1,65 м и менее, малых рек с глубиной 1,0 м и менее (классов IV-VII по пу-

тевым условиям судоходства) и несудоходных водных пространств, не относящихся к числу больших переходов, предъявляются такие же требования, как при прохождении ВЛ по ненаселенной местности, с дополнительной проверкой расстояний до уровня высоких вод и до габарита судов или сплава по Таблице 2.5.30. настоящих Правил.

Таблица 2.5.30.

**Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности воды, габарита судов и сплава**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	до 110	220	500
До наибольшего уровня высоких вод судоходных рек, каналов и т.п. при высшей температуре	6	7	8
До габарита судов или сплава при наибольшем уровне высоких вод и высшей температуре	2	3	4
До наибольшего уровня высоких вод несудоходных рек, каналов и т.п. при температуре плюс 15 <sup>0</sup> С	3	4	5
До уровня льда несудоходных рек, каналов и т.п. при температуре минус 5 <sup>0</sup> С при наличии гололеда	6	7	8

2.5.153 Расстояния от нижних проводов ВЛ до поверхности воды должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.30. настоящих Правил. Расчетные уровни льда и воды принимаются в соответствии с пунктом 2.5.13. настоящих Правил. Нагрев проводов ВЛ электрическим током не учитывается.

При прохождении ВЛ в непосредственной близости от неразводных мостов, где мачты и трубы судов, плавающих по реке или каналу, должны быть опущены, допускается по согласованию с местным Управлением водного транспорта уменьшать расстояния от проводов ВЛ до наибольшего уровня высоких вод, приведенных в Таблице 2.5.30. настоящих Правил.

2.5.154. Места пересечений ВЛ с судоходными реками, каналами и т.п. должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками в соответствии с действующими правилами плавания по внутренним судоходным путям.

**Прохождение ВЛ по мостам**

2.5.155. При прохождении ВЛ по мостам опоры или поддерживающие устройства, ограничивающие пролеты с берега на мост, должны быть анкерными нормальной конструкции. Все прочие поддерживающие устройства на мостах могут быть промежуточного типа с креплением проводов глухими зажимами или с двойным креплением на штыревых изоляторах.

2.5.156. На металлических железнодорожных мостах с ездой по низу, снабженных на всем протяжении верхними связями, провода допускается располагать непосредственно над пролетным строением моста выше связей или за его пределами. Располагать провода в пределах габарита приближения стросний, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог, не допускается. Расстояния от проводов ВЛ до всех линий МПС, проложенных по конструкции моста, принимаются по пункту 2.5.139. настоящих Правил, как для стесненных участков трассы.

На городских и шоссейных мостах допускается располагать провода как за пределами пролетного строения, так и в пределах ширины пешеходной и проезжей частей моста.

На охраняемых мостах допускается располагать провода ВЛ ниже отметки пешеходной части.

2.5.157. Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей мостов должны приниматься по согласованию с организациями, в ведении которых находится данный мост, при этом определение наибольшей стрелы провеса проводов производится путем сопоставления стрел провеса при высшей расчетной температуре воздуха и при гололеде.

### Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам

2.5.158. При прохождении ВЛ по плотинам, дамбам и т.п. расстояния от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении до различных частей плотин и дамб должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.31 настоящих Правил.

Таблица 2.5.31.

#### Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до различных частей плотин и дамб

Части плотин и дамб	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	до 110	220	500
Гребень и бровка откоса	6	7	8
Наклонная поверхность откоса	5	6	7
Поверхность воды, переливающейся через плотину	4	5	6

При прохождении ВЛ по плотинам и, дамбам, по которым проложены пути сообщения, ВЛ должна удовлетворять также требованиям, предъявляемым к ВЛ при пересечениях и сближениях с соответствующими объектами путей сообщения.

Наибольшая стрела провеса проводов ВЛ должна определяться путем сопоставления стрел провеса при высшей расчетной температуре воздуха и при гололеде.

### **Сближение ВЛ с водоохладителями**

2.5.159. Расстояние от крайних проводов ВЛ до водоохладителей должно определяться в соответствии с требованиями ЦМЦ «Генеральные планы промышленных предприятий» и «Электростанции тепловые», а также с требованиями норм технологического проектирования электростанций, подстанций и воздушных линий электропередачи.

### **Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками**

2.5.160. Сближение ВЛ со зданиями, сооружениями и наружными технологическими установками, связанными с добычей, производством, изготовлением, использованием или хранением взрывоопасных, взрывопожароопасных и пожароопасных веществ, должно выполняться в соответствии с нормами, утвержденными в установленном порядке.

Если нормы сближения не предусмотрены нормативными документами, то расстояния от оси трассы ВЛ до указанных зданий, сооружений и наружных установок должны составлять не менее полуторакратной высоты опоры. На участках стесненной трассы допускается уменьшение этих расстояний по согласованию с соответствующими министерствами и ведомствами.

### **Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами**

2.5.161. Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами рекомендуется принимать близким к  $90^\circ$ . Угол пересечения ВЛ с остальными надземными и наземными трубопроводами, а также с канатными дорогами не нормируется.

Пересечение ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми надземными и наземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами запрещается. Допускается пересечение этих ВЛ с действующими односторонними надземными и наземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также с действующими техническими коридорами магистральных трубопроводов при прокладке их в насыпи на расстоянии 1000 м в обе стороны от ВЛ.

2.5.162. При пересечении ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами сечением 120 мм<sup>2</sup> и более или со стальными канатами типа ТК сечением 50 мм<sup>2</sup> и более допускаются также анкерные опоры облегченной конструкции и промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах.

При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

2.5.163. Провода ВЛ должны располагаться над трубопроводами и канатными дорогами. В исключительных случаях допускается прохождение ВЛ до 220 кВ под канатными дорогами, которые имеют снизу мостики или сетки для ограждения проводов ВЛ. Крепление мостиков и сеток на опорах ВЛ запрещается.

В местах пересечения с ВЛ надземные и наземные газопроводы, кроме проложенных в насыпи, следует защищать ограждениями. Ограждение должно выступать по обе стороны пересечения от проекции крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении на расстояния не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35- 110 кВ, 5 м для ВЛ 220 кВ, 6,5 м для ВЛ 500 кВ.

Расстояния от ВЛ до мостиков, сеток и ограждений принимают как до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог (смотри пункт 2.5.164. настоящих Правил).

2.5.164. Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами должны быть не менее приведенных в Таблице 2.5.32. настоящих Правил.

Таблица 2.5.32.

**Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог**

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ			
	до 20	35-110	220	500
Расстояния по вертикали: от провода ВЛ до любой части трубопровода (насыпи) или канатной дороги в нормальном режиме	3	4	5	6,5
то же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	2	3	.
Расстояния по горизонтали 1) при параллельном следовании: от крайнего провода ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги (за исключением пульпопровода и магистральных газопровода, нефтепровода и нефтепродуктопровода) в нормальном режиме,	Не менее высоты опоры			
от крайнего провода ВЛ до любой части пульпопровода в нормальном режиме,	Не менее 30 м			

от крайнего провода ВЛ до любой части магистрального газопровода в нормальном режиме, от крайнего провода ВЛ до любой части магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода в нормальном режиме. в стесненных условиях от крайнего провода ВЛ при наибольшем его отклонении до любой части трубопровода* или канатной дороги	Не менее удвоенной высоты опоры  50 м, но не менее высоты опоры			
2) при пересечении: от опоры ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги в нормальном режиме в стесненных условиях от опоры ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги	Не менее высоты опоры			
3) от ВЛ до продувочных свеч газопровода	Не менее 300 м			

Расстояния по вертикали в нормальном режиме определяются при наибольшей стреле провеса провода без учета нагрева проводов электрическим током.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее  $185 \text{ мм}^2$  при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением  $185 \text{ мм}^2$  и более проверка при обрыве провода не требуется.

2.5.165. В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы, кроме проложенных в насыпи, и канатные дороги, а также ограждения, мостики и сетки должны быть заземлены. Сопротивление, обеспечиваемое применением искусственных заземлителей, должно быть не более 10 Ом.

### Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами

2.5.166. Угол пересечения ВЛ 35 кВ и ниже с подземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также угол пересечения ВЛ с остальными подземными трубопроводами не нормируется.

Угол пересечения ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми подземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов должен быть не менее  $60^\circ$ .

2.5.167. При сближении ВЛ с действующими и вновь сооружаемыми магистральными газопроводами давлением более 1,2 МПа и магистральными нефтепроводами и нефтепродуктопроводами расстояния между ними должны быть не менее приведенных в пункте 2.5.102. настоящих Правил

\* Вновь сооружаемые магистральные газопроводы на участке сближения с ВЛ в стесненных условиях должны отвечать требованиям, предъявляемым к газопроводам не ниже II категории

Провода ВЛ должны быть расположены не ближе 300 м от продувочных вентилей, устанавливаемых на магистральных газопроводах.

В стесненных условиях трассы при параллельном следовании ВЛ, а также в местах пересечения ВЛ с указанными трубопроводами допускаются расстояния по горизонтали от заземлителя и подземной части (фундамента) опор ВЛ до трубопроводов не менее: 5 м для ВЛ до 35 кВ, 10 м для ВЛ 110-220 кВ и 15 м для ВЛ 500 кВ.

Вновь сооружаемые магистральные газопроводы с давлением более 1,2 МПа на участках сближения с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в пункте 2.5.102. настоящих Правил должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам газопроводов не ниже II категории для ВЛ 500 кВ и не ниже III категории для ВЛ 220 кВ и ниже.

Вновь сооружаемые магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы на участках сближения с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в пункте 2.5.102 настоящих Правил должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам трубопроводов не ниже III категории.

2.5.168. При сближении и пересечении ВЛ с магистральными и распределительными газопроводами давлением 1,2 МПа и менее, а также при сближении и пересечении с ответвлениями от магистральных газопроводов к населенным пунктам и промышленным предприятиям и с ответвлениями от нефтепроводов и нефтепродуктопроводов к нефтебазам и предприятиям расстояния от заземлителя и подземной части (фундамента) опор ВЛ до трубопроводов должны быть не менее: 5 м для ВЛ до 35 кВ, 10 м для ВЛ 110 кВ и выше.

2.5.169. При сближении и пересечении ВЛ с теплопроводами, водопроводом, канализацией (напорной и самотечной), водостоками и дренажами расстояния в свету от заземлителя и подземной части (фундамента) опор ВЛ до трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ до 35 кВ и 3 м для ВЛ 110 кВ и выше.

В исключительных случаях при невозможности выдержать указанные расстояния до трубопроводов (например, при прохождении ВЛ по территориям электростанций, промышленных предприятий, по улицам городов) эти расстояния допускается уменьшать по согласованию с заинтересованными организациями. При этом следует предусматривать защиту фундаментов опор ВЛ от возможного подмыва фундаментов при повреждении указанных трубопроводов, а также по предотвращению выноса опасных потенциалов по металлическим трубопроводам.

### **Сближение ВЛ с нефтяными и газовыми факелами**

2.5.170. При сближении с нефтяными и газовыми промысловыми факелами ВЛ должна быть расположена с наветренной стороны. Расстояние от ВЛ до промысловых факелов должно быть не менее 60 м.



## **Сближение ВЛ с аэродромами**

2.5.171. Сближение ВЛ с аэродромами и воздушными трассами допускается по согласованию с территориальным управлением гражданской авиации, со штабом военного округа, с управлением министерства или ведомства, в ведении которого находится аэродром или аэропорт, при расположении ВЛ на расстояниях: до 10 км от границ аэродрома - с опорами любой высоты; более 10 и до 30 км от границ аэродрома - при абсолютной отметке верхней точки опор ВЛ, превышающей абсолютную отметку аэродрома на 50 м и более; более 30 и до 75 км от границ аэродромов и на воздушных трассах - при высоте опор 100 м и более.

## Указания по проектированию опор, фундаментов и оснований ВЛ

### Общие положения. Сочетания нагрузок

1. Конструкции опор, фундаментов и оснований ВЛ должны проектироваться в соответствии со ЦМЩ с учетом настоящих Указаний, составленных применительно к расчету по методу предельных состояний и отражающих особенности проектирования конструкций ВЛ.

2. Опоры, фундаменты и основания ВЛ должны рассчитываться на нагрузку от собственного веса и ветровую нагрузку на конструкции, на нагрузки от проводов, тросов и оборудования ВЛ, а также нагрузки, обусловленные принятым способом монтажа, на нагрузки от веса монтера и монтажных приспособлений. Опоры, фундаменты и основания должны рассчитываться также на нагрузки и воздействия, которые могут действовать в конкретных условиях, например давление воды, давление льда, размывающее действие воды, давление грунта и т. п., которые принимаются в соответствии с требованиями ЦМЩ или иных нормативных актов.

3. Основными характеристиками нагрузок и воздействий являются их нормативные значения, которые устанавливаются в соответствии с требованиями пунктов 2.5.87-2.5.94. настоящих Правил и пунктов 5 – 8 настоящего Приложения, а для нагрузок, не регламентированных указанными требованиями в соответствии с ЦМЩ «Нагрузка и воздействия» и иными нормативными актами.

4. Возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений вследствие изменчивости нагрузок или отступлений от условий нормальной эксплуатации учитывается коэффициентом перегрузки “n”.

5. Расчет опор, фундаментов и оснований ВЛ по прочности и устойчивости должен производиться на расчетные нагрузки, получаемые умножением нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузок, а в случаях, указанных в пункте. 9 настоящего Приложения, — и на коэффициенты сочетаний.

Расчет опор, фундаментов и их элементов на выносливость и по деформациям производится на нормативные нагрузки. Расчет оснований по деформациям производится на нормативные нагрузки, вычисленные без учета динамического воздействия порывов ветра на конструкцию опоры (смотри пункт 13 настоящего Приложения).

6. В зависимости от продолжительности действия нагрузок они подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые).

К постоянным нагрузкам относятся нагрузки от собственного веса строительных конструкций, проводов, тросов и оборудования ВЛ, от тяжения проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда, от

веса и давления грунтов, от давления воды на фундаменты в руслах рек, а также от воздействия предварительного напряжения конструкций.

К длительным нагрузкам относятся нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта, а также воздействием усадки и ползучести бетона.

К кратковременным нагрузкам относятся нагрузки от давления ветра на опоры, провода и тросы, от веса гололеда на проводах и тросах, от дополнительного тяжения проводов и тросов сверх их значений при среднегодовой температуре; от давления воды на опоры и фундаменты в поймах рек и от давления льда, нагрузки, возникающие при изготовлении и перевозке конструкций, а также при монтаже конструкций, проводов и тросов.

К особым нагрузкам относятся нагрузки, возникающие при обрыве проводов и тросов, а также при сейсмических воздействиях.

7. Опоры, фундаменты и основания ВЛ следует рассчитывать на сочетания нагрузок, действующих в нормальных, аварийных и монтажных режимах, причем в монтажных режимах — с учетом возможности временного усиления отдельных элементов конструкций.

Сочетания климатических и других факторов в различных режимах работы конструкции ВЛ (наличие ветра, гололеда, значение температуры, количество оборванных проводов или тросов и пр.) определяются в соответствии с требованиями пунктов 2.5.32-2.5.35, 2.5.87-2.5.94. настоящих Правил.

Конструкции опор и фундаментов ВЛ должны также рассчитываться :

железобетонные опоры: по образованию трещин на действие нормативных постоянных нагрузок (весовых и от тяжения проводов и тросов при среднегодовой температуре при отсутствии ветра и гололеда); по раскрытию трещин в нормальных режимах на действие нормативных постоянных нагрузок и сниженных на 10% кратковременных нормативных нагрузок;

деревянные опоры: по прочности на действие постоянных нагрузок;

железобетонные фундаменты: по раскрытию трещин в нормальных режимах на действие нормативных постоянных нагрузок и сниженных на 10% кратковременных нормативных нагрузок.

8. Сочетания нагрузок в нормальных и монтажных режимах работы ВЛ относятся к основным сочетаниям, а в аварийных режимах и при сейсмических воздействиях — к особым сочетаниям.

9. При расчете опор, фундаментов и оснований ВЛ по прочности и устойчивости (первая группа предельных состояний) в аварийных режимах и при сейсмических воздействиях расчетные нагрузки от веса гололеда, ветровые нагрузки на опоры, провода и тросы и от тяжения проводов и тросов умножаются на коэффициенты сочетаний:

а) в режимах обрыва проводов и тросов: 0,8 — при расчете промежуточных опор, их фундамента и оснований; 0,9 — при расчете анкерных опор, их фундаментов и оснований;

б) при воздействии сейсмических нагрузок — 0,8.

## Нормативные нагрузки

10. Нормативные вертикальные нагрузки  $G_{H1}$ , даН, от веса проводов и тросов определяются по формуле

$$G_{H1} = p_{H1} l_{вес}.$$

где  $p_{H1}$  — нормативный вес провода или троса длиной 1 м, который принимается численно равным массе, кг, указанной в соответствующих государственных стандартах или технических условиях;

$l_{вес}$  — весовой пролет, м.

При определении нагрузок от веса проводов и тросов для промежуточных опор, не отнесенных к конкретным условиям их установки ( типовые, унифицированные опоры и т. п.), длину весового пролета рекомендуется принимать равной 1,25 длины габаритного пролета.

При определении нагрузок от веса проводов и тросов для расчета конструкций фундаментов промежуточных опор, не привязанных к конкретным условиям их установки, анкерных болтов на растяжение, оснований на вырывание и других элементов, условия работы которых утяжеляются при уменьшении весовой нагрузки от проводов и тросов, длину весового пролета рекомендуется принимать равной 0,75 длины габаритного пролета.

11. Нормативные вертикальные нагрузки,  $G_{H2}$ , даН, от веса гололеда на проводах и тросах определяются по формуле

$$G_{H2} = p_{H2} l_{вес}.$$

где  $p_{H2}$  — нормативный вес гололедных отложений на 1 м провода или троса, который принимается численно равным массе, кг, определяемой в соответствии с пунктами 2.5.21, 2.5.30 и 2.5.31 настоящих Правил

12. Нормативная вертикальная нагрузка  $p_n$ , даН/м<sup>2</sup>, от веса гололеда, образующегося на конструкциях опор, определяется по формуле

$$p_n = 0,6 b \gamma,$$

где  $b$  — толщина стенки гололеда, мм, принимаемая в соответствии с пунктами 2.5.21, 2.5.30 и 2.5.31 настоящих Правил с учетом поправочного коэффициента на высоту, указанного в ЦМЦ «Нагрузки и воздействия»;

0,6 — коэффициент, который учитывает отношение площади поверхности элемента сооружения, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента;

$\gamma$  — плотность гололеда, принимаемая равной 0,9 г/см<sup>3</sup>.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов до 25 м гололедные отложения на конструкциях опор не учитываются.

13. Нормативная ветровая нагрузка на конструкции опор ВЛ определяется как сумма статической и динамической составляющих.

Динамическая составляющая ветровой нагрузки на опоры учитывается при любых значениях периода собственных колебаний конструкции.

Нормативное значение статической составляющей ветровой нагрузки при направлении ветра, перпендикулярном продольной оси элемента или плоскости фермы, даН, определяется по формуле

$$Q_n = q c S,$$

где  $q$  — скоростной напор ветра, даН/м<sup>2</sup>, в рассматриваемом режиме работы ВЛ, определяемый в соответствии с пунктами 2.5.21, 2.5.22, 2.5.24-2.5.26, 2.5.33, 2.5.34. и 2.5.88. настоящих Правил;

$c$  — аэродинамический коэффициент, определяемый для плоских ферм, пространственных решетчатых конструкций и отдельных элементов по указаниям соответствующего ЦМЦ.

$S$  — площадь элемента или площадь фермы, м, вычисленная по ее наружному габариту с учетом обледенения конструкции по указаниям пункта 12 настоящего Приложения в гололедных режимах.

Определение ветровой нагрузки при других направлениях ветрового потока принимается по справочным и экспериментальным данным.

Для опор высотой до 50 м значение динамической составляющей ветровой нагрузки допускается принимать:

для свободностоящих одностоечных стальных и железобетонных опор  $Q_n^d = 0,50 Q_n^c$ ;

для свободностоящих порталных опор  $Q_n^d = 0,60 Q_n^c$ ;

для стальных и железобетонных опор с оттяжками при шарнирном креплении к фундаментам  $Q_n^d = 0,65 Q_n^c$ .

Нормативное значение динамической составляющей ветровой нагрузки для свободностоящих опор высотой более 50 м определяется в соответствии с указаниями ЦМЦ.

При расчете свободностоящих железобетонных опор динамическая составляющая ветровой нагрузки не учитывается, если изгибающий момент со статической составляющей ветровой нагрузки на конструкцию опоры составляет не более 20 % суммарного момента от воздействия ветровых нагрузок на опору, провода и грозозащитные тросы.

14. Нормативная ветровая нагрузка на провода и тросы, воспринимаемая опорами, определяется по формуле, указанной в пункте 2.5.29. настоящих Правил. При этом площадь диаметрального сечения провода или троса определяется при длине, равной длине ветрового пролета.

При проектировании промежуточных опор и фундаментов, не привязанных к конкретным условиям их установки (типовых, унифицированных и т.п.), длину ветрового пролета рекомендуется принимать равной длине габаритного пролета.

### Расчетные нагрузки и коэффициенты перегрузки

15. Расчетные нагрузки определяются умножением нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузки с учетом указаний пунктов 5 и 9 настоящего Приложения.

При расчете конструкций опор, фундаментов и оснований по первой группе предельных состояний (на прочность и устойчивость) коэффициенты перегрузки  $n$  должны приниматься по таблице.

При расчете опор, фундаментов и оснований в монтажных режимах на все виды нагрузок вводится единый коэффициент перегрузки  $\eta = 1,1$ , за исключением нагрузок от массы монтера и монтажных приспособлений, для которых коэффициент перегрузки принимается равным 1,3.

16. Новые типы массовых опор и фундаментов подлежат проверке испытанием опытных образцов.

### Коэффициенты перегрузки

Наименование нагрузки	Коэффициент перегрузки
От собственного веса строительных конструкций, проводов, тросов и оборудования ВЛ	1,1 (0,9)*
От веса гололеда на проводах и тросах	2,0
От веса гололеда на конструкции опоры	1,3
Ветровая на конструкции опор: при отсутствии гололеда на проводах и тросах	1,2
при наличии гололеда на проводах и тросах	1,0(1,2)**
Ветровая на провода и тросы: свободные от гололеда	1,2
покрытые гололедом	1,4
Горизонтальные нагрузки от тяжения проводов и тросов, свободных от гололеда или покрытых гололедом	1,3
(от веса монтеров и монтажных приспособлений)	1,3

\* Значение, указанное в скобках, должно приниматься в случае, когда уменьшений вертикальной постоянной нагрузки ухудшает условия работы конструкции (например, при расчете анкерных болтов, фундаментов и оснований при выдергивании).

\*\* Значение, указанное в скобках, принимается в случае учета гололедных отложений на конструкциях опор.

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 12.10.2005 г. № 20-15-206/22)**

**Утверждены  
приказом «Узгосэнергонадзор»  
от 19 сентября 2005 г.  
№ 178**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел III**

### **Глава 3.1. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ.**

#### **Область применения, определения**

3.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на защиту электрических сетей до 1 кВ, сооружаемых как внутри, так и вне зданий. Дополнительные требования к защите сетей указанного напряжения, вызванные особенностями различных электроустановок, приведены в других главах Правил.

3.1.2. Аппаратом защиты называется аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах

#### **Требования к аппаратам защиты**

3.1.3. Аппараты защиты по своей отключающей способности должны соответствовать максимальному значению тока короткого замыкания (далее - КЗ) в начале защищаемого участка электрической сети (смотри также Главу 1.4 Правил устройства электроустановок (далее - ПУЭ) Раздел I.)

Допускается установка аппаратов защиты, нестойких к максимальным значениям тока КЗ, а также выбранных по значению одноразовой предельной коммутационной способности, если защищающий их групповой аппарат или ближайший аппарат, расположенный по направлению к источнику питания, обеспечивает мгновенное отключение тока КЗ, для чего необходимо, чтобы ток уставки мгновенно действующего расцепителя (отсечки) указанных аппаратов был меньше тока одноразовой коммутационной способности каждого из группы нестойких аппаратов, и если такое неселективное отключение всей группы аппаратов не грозит аварией, порчей дорогостоящего оборудования и материалов или расстройством сложного технологического процесса.

3.1.4. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматических выключателей, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам этих участков или по номинальным токам электроприемников, но таким образом, чтобы аппараты защиты не отключали электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, пики технологических нагрузок, токи при самозапуске и т. п.).

3.1.5. В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители. Для обеспечения требований быстродействия, чувствительности или селективности допускается при



необходимости применение устройств защиты с использованием выносных реле (реле косвенного действия).

3.1.6. Автоматические выключатели и предохранители пробочного типа должны присоединяться к сети так, чтобы при вывинченной пробке предохранителя (автоматического выключателя) винтовая гильза предохранителя (автоматического выключателя) оставалась без напряжения. При одностороннем питании присоединение питающего проводника (кабеля или провода) к аппарату защиты должно выполняться, как правило, к неподвижным контактам.

3.1.7. Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки, требующиеся для защищаемой им сети. Надписи рекомендуется наносить на аппарате или схеме, расположенной вблизи места установки аппаратов защиты.

### **Выбор защиты**

3.1.8. Электрические сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности. Защита должна обеспечивать отключение поврежденного участка при КЗ в конце защищаемой линии: одно-, двух- и трехфазных - в сетях с глухозаземленной нейтралью; двух- и трехфазных - в сетях с изолированной нейтралью.

Надежное отключение поврежденного участка сети обеспечивается, если отношение наименьшего расчетного тока КЗ к номинальному току плавкой вставки предохранителя или расцепителя автоматического выключателя будет не менее значений, приведенных в пункте 1.7.79 ПУЭ. Раздел I и Главе 7.3.ПУЭ. Раздел VII.

3.1.9. В сетях, защищаемых только от токов КЗ (не требующих защиты от перегрузки согласно пункту 3.1.10 настоящих Правил), за исключением протяженных сетей, например сельских, коммунальных, допускается не выполнять расчетной проверки приведенной в пункте 1.7.79 ПУЭ. Раздел I и Главе 7.3.ПУЭ. Раздел VII. кратности тока КЗ, если обеспечено условие, чтобы по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам проводников, приведенным в таблицах Главы 1.3 ПУЭ. Раздел I, аппараты защиты имели кратность не более:

300% для номинального тока плавкой вставки предохранителя;

450% для тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку);

100% для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки);

125% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратной зависящей от тока характеристикой; если на этом автоматическом выключателе имеется еще отсечка, то ее кратность тока срабатывания не ограничивается.

Наличие аппаратов защиты с завышенными уставками тока не является обоснованием для увеличения сечения проводников, сверх указанных в Главе 1.3. ПУЭ. Раздел I.

3.1.10. Сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией, должны быть защищены от перегрузки.

Кроме того, должны быть защищены от перегрузки сети внутри помещений: осветительные сети в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников (утюгов, чайников, плиток, комнатных холодильников, пылесосов, стиральных и швейных машин и т. п.), а также в пожароопасных зонах;

силовые сети на промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях - только в случаях, когда по условиям технологического процесса или по режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводников;

сети всех видов во взрывоопасных зонах - согласно требованиям Главы 7.3. ПУЭ. Раздел VII.

3.1.11. В сетях, защищаемых от перегрузок (смотри пункт 3.1.10 настоящих Правил), проводники следует выбирать по расчетному току, при этом должно быть обеспечено условие, чтобы по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам, приведенным в таблицах гл. 1.3, аппараты защиты имели кратность не более:

80% для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), - для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией; для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, допускается 100%;

100% для номинального тока плавкой вставки или тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), - для кабелей с бумажной изоляцией;

100% для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки) - для проводников всех марок;

100% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой - для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией;

125% для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависящей от тока характеристикой - для кабелей с бумажной изоляцией и изоляцией из вулканизированного полиэтилена.

3.1.12. Длительно допустимая токовая нагрузка проводников ответвлений к короткозамкнутым электродвигателям должна быть не менее: 100% номинального тока электродвигателя в невзрывоопасных зонах; 125% номинального тока электродвигателя во взрывоопасных зонах.

Соотношения между длительно допустимой нагрузкой проводников к короткозамкнутым электродвигателям и уставками аппаратов защиты в любом случае не должны превышать указанных в пункте 3.1.9 настоящих Правил (смотри также Главу 7.3. ПУЭ. Раздел VII).

3.1.13. В случаях, когда требуемая допустимая длительная токовая нагрузка проводника, определенная по пунктам 3.1.9 и 3.1.11 настоящих Правил, не совпадает с данными таблиц допустимых нагрузок, приведенных в Главе 1.3 ПУЭ. Раздел I, допускается применение проводника ближайшего меньшего сечения, но не менее, чем это требуется по расчетному току.

### **Места установки аппаратов защиты**

3.1.14. Аппараты защиты следует располагать по возможности в доступных для обслуживания местах таким образом, чтобы была исключена возможность их механических повреждений. Установка их должна быть выполнена так, чтобы при оперировании с ними или при их действии были исключены опасность для обслуживающего персонала и возможность повреждения окружающих предметов.

Аппараты защиты с открытыми токоведущими частями должны быть доступны для обслуживания только квалифицированному персоналу.

3.1.15. Аппараты защиты следует устанавливать, как правило, в местах сети, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) или где это необходимо для обеспечения чувствительности и селективности защиты (смотри также пункты 3.1.16 и 3.1.19 настоящих Правил).

3.1.16. Аппараты защиты должны устанавливаться непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. Допускается в случаях необходимости принимать длину участка между питающей линией и аппаратом защиты отключения до 6 м. Проводники на этом участке могут иметь сечение меньше, чем сечение проводников питающей линии, но не менее сечения проводников после аппарата защиты.

Для ответвлений, выполняемых в труднодоступных местах (например, на большой высоте), аппараты защиты допускается устанавливать на расстоянии до 30 м от точки отключения в удобном для обслуживания месте (например, на вводе в распределительный пункт, в пусковом устройстве электроприемника и др.). При этом сечение проводников отключения должно быть не менее сечения, определяемого расчетным током, но должно обеспечивать не менее 10% пропускной способности защищенного участка питающей линии. Прокладка проводников отключений в указанных случаях (при длинах отключений до 6 и до 30 м) должна производиться при горючих наружных оболочках или изоляции проводников - в трубах, металлорукавах или коробах, в остальных случаях, кроме кабельных сооружений, пожароопасных и взрывоопасных зон, - открыто на конструкциях при условии их защиты от возможных механических повреждений.

3.1.17. При защите сетей предохранителями последние должны устанавливаться на всех нормально незаземленных полюсах или фазах. Установка предохранителей в нулевых рабочих проводниках запрещается.

3.1.18. При защите сетей с глухозаземленной нейтралью автоматическими выключателями расцепители их должны устанавливаться во всех нормально незаземленных проводниках (смотри также Главу 7.3. ПУЭ. Раздел VII).

При защите сетей с изолированной нейтралью в трехпроводных сетях трехфазного тока и двухпроводных сетях однофазного или постоянного тока допускается устанавливать расцепители автоматических выключателей в двух фазах при трехпроводных сетях и в одной фазе (полюсе) при двухпроводных. При этом в пределах одной и той же электроустановки защиту следует осуществлять в одних и тех же фазах (полюсах).

Расцепители в нулевых проводниках допускается устанавливать лишь при условии, что при их срабатывании отключаются от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением.

3.1.19. Аппараты защиты допускается не устанавливать, если это целесообразно по условиям эксплуатации, в местах:

1) отключения проводников от шин щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом проводники должны выбираться по расчетному току отключения;

2) снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением проводников или если незащищенные участки линии или ответвления от нее выполнены проводниками, выбранными с сечением не менее половины сечения проводников защищенного участка линии;

3) ответвления от питающей линии к электроприемникам малой мощности, если питающая их линия защищена аппаратом с уставкой не более 25 А для силовых электроприемников и бытовых электроприборов, а для светильников - согласно Главе 6.2. ПУЭ. Раздел VI;

4) ответвления от питающей линии проводников цепей измерений, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита или если эти проводники выходят за их пределы, но электропроводка выполнена в трубах или имеет негорючую оболочку.

Не допускается устанавливать аппараты защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов, вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных смесей, некоторых механизмов собственных нужд электростанций и т. п.). Во всех случаях такие цепи должны выполняться проводниками в трубах или иметь негорючую оболочку. Сечение этих цепей должно быть не менее приведенных в пункте 3.4.4. настоящих Правил

## **Глава 3.2. Релейная защита**

### **Область применения**

3.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на устройства релейной защиты элементов электрической части энергосистем, промышленных и других электроустановок выше 1 кВ: генераторов, трансформаторов (автотрансформаторов), блоков генератор - трансформатор, линий электропередачи, шин и синхронных компенсаторов.

Защита всех электроустановок выше 500 кВ, кабельных линий выше 35 кВ и передач постоянного тока в настоящей главе Правил не рассматриваются.

Требования к защите электрических сетей до 1 кВ, электродвигателей, конденсаторных установок, электротермических установок см. соответственно в Главе 3.1. настоящих Правил, в Главах 5.3 и 5.6. ПУЭ. Раздел V и Главе 7.5. ПУЭ. Раздел VII.

Устройства релейной защиты элементов электроустановок, не рассмотренные в этой и других главах, должны выполняться в соответствии с общими требованиями настоящей главы.

### **Общие требования**

3.2.2. Электроустановки должны быть оборудованы устройствами релейной защиты, предназначенными для:

а) автоматического отключения поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части электрической системы (электроустановки) с помощью выключателей; если повреждение (например, замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью) непосредственно не нарушает работу электрической системы, допускается действие релейной защиты только на сигнал;

б) реагирования на опасные, ненормальные режимы работы элементов электрической системы (например, перегрузку, повышение напряжения в обмотке статора гидрогенератора): в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейная защита должна быть выполнена с действием на сигнал или на отключение тех элементов, оставление которых в работе может привести к возникновению повреждения.

3.2.3. С целью удешевления электроустановок вместо автоматических выключателей и релейной защиты следует применять предохранители или открытые плавкие вставки, если они:

могут быть выбраны с требуемыми параметрами (номинальное напряжение и ток, номинальный ток отключения и др.);

обеспечивают требуемые селективность и чувствительность;

не препятствуют применению автоматики (автоматическое повторное включение (далее - АПВ), автоматическое включение резерва (далее - АВР) и т. п.), необходимой по условиям работы электроустановки.

При использовании предохранителей или открытых плавких вставок в зависимости от уровня несимметрии в неполнофазном режиме и характера питаемой нагрузки следует рассматривать необходимость установки на приемной подстанции защиты от неполнофазного режима.

3.2.4. Устройства релейной защиты должны обеспечивать наименьшее возможное время отключения КЗ в целях сохранения бесперебойной работы неповрежденной части системы (устойчивая работа электрической системы и электроустановок потребителей, обеспечение возможности восстановления нормальной работы путем успешного действия АПВ и АВР, самозапуска электродвигателей, втягивания в синхронизм и пр.) и ограничения области и степени повреждения элемента.

3.2.5. Релейная защита, действующая на отключение, как правило, должна обеспечивать селективность действия, с тем, чтобы при повреждении какого-либо элемента электроустановки, отключался только этот поврежденный элемент.

Допускается неселективное действие защиты (исправляемое последующим действием АПВ или АВР);

а) для обеспечения, если это необходимо, ускорения отключения КЗ (смотри пункт 3.2.4 настоящих Правил);

б) при использовании упрощенных главных электрических схем с отделителями в цепях линий или трансформаторов, отключающими поврежденный элемент в бестоковую паузу.

3.2.6. Устройства релейной защиты с выдержками времени, обеспечивающими селективность действия, допускается выполнять, если: при отключении КЗ с выдержками времени обеспечивается выполнение требований пункта 3.2.4. настоящих Правил; защита действует в качестве резервной (смотри пункт 3.2.15. настоящих Правил).

3.2.7. Надежность функционирования релейной защиты (срабатывание при появлении условий на срабатывание и несрабатывание при их отсутствии) должна быть обеспечена применением устройств, которые по своим параметрам и исполнению соответствуют назначению, а также надлежащим обслуживанием этих устройств.

При необходимости следует использовать специальные меры повышения надежности функционирования, в частности схемное резервирование, непрерывный или периодический контроль состояния и др. Должна также учитываться вероятность ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении необходимых операций с релейной защитой.

3.2.8. При наличии релейной защиты, имеющей цепи напряжения, следует предусматривать устройства:

автоматически выводящие защиту из действия при отключении автоматических выключателей, перегорании предохранителей и других нарушениях цепей напряжения (если эти нарушения могут привести к ложному срабатыванию защиты в нормальном режиме), а также сигнализирующие о нарушениях этих цепей;

сигнализирующие о нарушениях цепей напряжения, если эти нарушения не приводят к ложному срабатыванию защиты в условиях нормального режима, но могут привести к излишнему срабатыванию в других условиях (например, при КЗ вне защищаемой зоны).

3.2.9. При установке быстродействующей релейной защиты на линиях электропередачи с трубчатыми разрядниками должна быть предусмотрена отстройка ее от работы разрядников, для чего:

наименьшее время срабатывания релейной защиты до момента подачи сигнала на отключение должно быть больше времени однократного срабатывания разрядников, как правило 0,06-0,08 с;

пусковые органы защиты, срабатывающие от импульса тока разрядников, должны иметь возможно меньшее время возврата (около 0,01 с от момента исчезновения импульса).

3.2.10. Для релейных защит с выдержками времени в каждом конкретном случае следует рассматривать целесообразность обеспечения действия защиты от начального значения тока или сопротивления при КЗ для исключения отказов срабатывания защиты (из-за затухания токов КЗ во времени, в результате возникновения качаний, появления дуги в месте повреждения и др.).

3.2.11. Защиты в электрических сетях 110 кВ и выше должны иметь устройства, блокирующие их действие при качаниях или асинхронном ходе, если в указанных сетях возможны такие качания или асинхронный ход, при которых защиты могут срабатывать излишне.

Допускается применение аналогичных устройств и для линий ниже 110 кВ, связывающих между собой источники питания (исходя из вероятности возникновения качаний или асинхронного хода и возможных последствий излишних отключений).

Допускается выполнение защиты без блокировки при качаниях, если защита отстроена от качаний по времени (выдержка времени защиты – не менее 1,5-2 с).

3.2.12. Действие релейной защиты должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, регистраторами аварийных событий (далее - РАС), счетчиками числа срабатываний или другими устройствами в той степени, в какой это необходимо для учета и анализа работы защит, а также контроля за ее функционированием.

Обязательной регистрации подлежат “ток приема” и “ток выхода” высокочастотных дифференциально фазных высокочастотных защит ВЛ 110 – 500 кВ.

3.2.13. Устройства, фиксирующие действие релейной защиты на отключение, следует устанавливать так, чтобы сигнализировалось действие каждой защиты, а при сложной защите - отдельных ее частей (разные ступени защиты, отдельные комплекты защит от разных видов повреждения и т. п.).

3.2.14. На каждом из элементов электроустановки должна быть предусмотрена основная защита, предназначенная для ее действия при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим, чем у других установленных на этом элементе защит.



3.2.15. Для действия при отказах защит или выключателей смежных элементов следует предусматривать резервную защиту, предназначенную для обеспечения дальнего резервного действия.

Если основная защита элемента обладает абсолютной селективностью (например, высокочастотная защита, продольная и поперечная дифференциальные защиты), то на данном элементе должна быть установлена резервная защита, выполняющая функции не только дальнего, но и ближнего резервирования, т. е. действующая при отказе основной защиты данного элемента или выведении, ее из работы. Например, если в качестве основной защиты от замыканий между фазами применена дифференциально-фазная защита, то в качестве резервной может быть применена трехступенчатая дистанционная защита.

Если основная защита линии 110 кВ и выше обладает относительной селективностью (например, ступенчатые защиты с выдержками времени), то:

отдельную резервную защиту допускается не предусматривать при условии, что дальнейшее резервное действие защит смежных элементов при КЗ на этой линии обеспечивается;

должны предусматриваться меры по обеспечению ближнего резервирования, если дальнейшее резервирование при КЗ на этой линии не обеспечивается.

3.2.16. Для линии электропередачи 35 кВ и выше с целью повышения надежности отключения повреждения в начале линии может быть предусмотрена в качестве дополнительной защиты токовая отсечка без выдержки времени при условии выполнения требований пункта 3.2.26. настоящих Правил

3.2.17. Если полное обеспечение дальнего резервирования связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно, допускается:

1) не резервировать отключения КЗ за трансформаторами, на реактированных линиях, линиях 110 кВ и выше при наличии ближнего резервирования, в конце длинного смежного участка линии 6-35 кВ;

2) иметь дальнейшее резервирование только при наиболее часто встречающихся видах повреждений, без учета редких режимов работы и при учете каскадного действия защиты;

3) предусматривать неселективное действие защиты при КЗ на смежных элементах (при дальнем резервном действии) с возможностью обесточения в отдельных случаях подстанций; при этом следует по возможности обеспечивать исправление этих неселективных отключений действием АПВ или АВР.

3.2.18. Устройства резервирования при отказе выключателей (далее - УРОВ) должны предусматриваться в электроустановках 110 - 500 кВ.

Допускается не предусматривать УРОВ в электроустановках 110-220 кВ при соблюдении следующих условий:

1) обеспечиваются требуемая чувствительность и допустимые по условиям устойчивости времена отключения от устройств дальнего резервирования;

2) при действии резервных защит нет потери дополнительных элементов из-за отключения выключателей, непосредственно не примыкающих к отключившему выключателю (например, отсутствуют секционированные шины, линии с ответвлением).

На электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток статоров, для предотвращения повреждений генераторов при отказах выключателей 110-500 кВ следует предусматривать УРОВ независимо от прочих условий.

При отказе одного из выключателей поврежденного элемента (линия, трансформатор, шины) электроустановки УРОВ должно действовать на отключение выключателей, смежных с отказавшим.

Если шины присоединены к выносным трансформаторам тока, то УРОВ должно действовать и при КЗ в зоне между этими трансформаторами тока и выключателем.

Допускается применение упрощенных УРОВ, действующих при КЗ с отказом выключателей не на всех элементах (например, только при КЗ на линиях); при напряжении 110-220 кВ, кроме того, допускается применение устройств, действующих лишь на отключение шинно соединительного (секционного) выключателя.

При недостаточной эффективности дальнего резервирования следует рассмотреть необходимость повышения надежности ближнего резервирования в дополнение к УРОВ.

3.2.19. При выполнении резервной защиты в виде отдельного комплекта ее следует осуществлять, как правило, так, чтобы была обеспечена возможность ручной проверки или ремонта основной или резервной защиты при работающем элементе. При этом основная и резервная защиты должны питаться, как правило, от разных вторичных обмоток трансформаторов тока.

Питание основных и резервных защит линий электропередачи 220 кВ и выше должно осуществляться, как правило, от разных автоматических выключателей оперативного постоянного тока.

3.2.20. Оценка чувствительности основных типов релейных защит должна производиться при помощи коэффициента чувствительности, определяемого:

для защит, реагирующих на величины, возрастающие в условиях повреждений, - как отношение расчетных значений этих величин (например, тока или напряжения) при металлическом КЗ в пределах защищаемой зоны к параметрам срабатывания защит;

для защит, реагирующих на величины, уменьшающиеся в условиях повреждений, - как отношение параметров срабатывания к расчетным значениям этих величин (например, напряжения или сопротивления) при металлическом КЗ в пределах защищаемой зоны.

Расчетные значения величин должны устанавливаться, исходя из наиболее неблагоприятных видов повреждения, но для реально возможного режима работы электрической системы.

3.2.21. При оценке чувствительности основных защит необходимо исходить из того, что должны обеспечиваться следующие наименьшие коэффициенты их чувствительности:

1. Максимальные токовые защиты с пуском и без пуска напряжения, направленные и ненаправленные, а также токовые одноступенчатые направленные и ненаправленные защиты, включенные на составляющие обратной или нулевой последовательностей:

для органов тока и напряжения – около 1,5;

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности около 1,5 по току.

Для максимальных токовых защит трансформаторов с низким напряжением 0,23-0,4 кВ наименьший коэффициент чувствительности может быть около 1,5.

2. Ступенчатые защиты тока или тока и напряжения, направленные и ненаправленные, включенные на полные токи и напряжения или на составляющие нулевой последовательности:

для органов тока и напряжения ступени защиты, предназначенной для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии надежно действующей селективной резервной ступени - около 1,3; при наличии на противоположном конце линии отдельной защиты шин соответствующие коэффициенты чувствительности (около 1,5 и около 1,3) для ступени защиты нулевой последовательности допускается обеспечивать в режиме каскадного отключения;

для органов направления мощности нулевой и обратной последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току.

3. Дистанционные защиты от многофазных КЗ:

для пускового органа любого типа и дистанционного органа третьей ступени около 1,5;

для дистанционного органа второй ступени, предназначенного для действия при К1 и конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,3, а при наличии третьей ступени защиты - около 1,25; для указанного органа чувствительность по току должна быть около 1,3 (по отношению к току точной работы) при повреждении в той же точке.

4. Продольные дифференциальные защиты генераторов, трансформаторов, линий и других элементов, а также полная дифференциальная защита шин - около 2,0, для токового пускового органа неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения чувствительность должна быть около 2,0, а для первой ступени неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения, выполненной в виде отсечки, - около 1,5 (при КЗ на шинах).

Для дифференциальной защиты генераторов и трансформаторов чувствительность следует проверять при КЗ на выводах. При этом вне зависимости от значений коэффициента чувствительности для гидрогенераторов и турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток ток срабатывания защиты следует принимать менее номинального тока генератора (смотри пункт 3.2.36. настоящих Правил). Для автотрансформаторов и повышающих трансформаторов мощностью 63 МВ А и более ток срабатывания без учета торможения рекомендуется принимать менее номинального (для автотрансформаторов - менее тока, соответствующего типовая мощность). Для остальных трансформаторов мощностью 25 МВ А и более ток срабатывания без учета торможения рекомендуется принимать около 1,5 номинального тока трансформатора.

Допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты трансформатора или блока генератор - трансформатор до значения около 1,5 в следующих случаях (в которых обеспечение коэффициента чувствительности около 2,0 связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно):

при КЗ на выводах низшего напряжения понижающих трансформаторов мощностью менее 80 МВ А (определяется с учетом регулирования напряжения);

в режиме включения трансформатора под напряжение, а также для кратковременных режимов его работы (например, при отключении одной из питающих сторон).

Для режима подачи напряжения на поврежденные шины включением одного из питающих элементов допускается снижение коэффициента чувствительности для дифференциальной защиты шин до значения около 1,5.

Указанный коэффициент 1,5 относится также к дифференциальной защите трансформатора при КЗ за реактором, установленным на стороне низшего напряжения трансформатора и входящим в зону его дифференциальной защиты. При наличии других защит, охватывающих реактор и удовлетворяющих требованиям чувствительности при КЗ за реактором, чувствительность дифференциальной защиты трансформатора при КЗ в этой точке допускается не обеспечивать.

5. Поперечные дифференциальные направленные защиты параллельных линий:

для реле тока и реле напряжения пускового органа комплектов защиты от междуфазных КЗ и замыканий на землю - около 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон поврежденной линии (в точке одинаковой чувствительности) и около 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны, поврежденной линии;

для органа направления мощности нулевой последовательности - около 4,0 по мощности и около 2,0 по току и напряжению при включенных выключателях с обеих сторон и около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению при отключенном выключателе с противоположной стороны;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, по мощности не нормируется, а по току - около 2,0 при включенных выключателях с обеих сторон и около 1,5 при отключенном выключателе с противоположной стороны.

6. Направленные защиты с высокочастотной блокировкой:

для органа направления мощности обратной или нулевой последовательности, контролирующего цепь отключения - около 3,0 по мощности, около 2,0 по току и напряжению;

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения - около 2,0 по току и напряжению, около 1,5 по сопротивлению.

7. Дифференциально-фазные высокочастотные защиты:

для пусковых органов, контролирующих цепь отключения, - около 2,0 по току и напряжению, около 1,5 по сопротивлению.

8. Токовые отсечки без выдержки времени, устанавливаемые на генераторах мощностью до 1 МВт и трансформаторах, при КЗ в месте установки защиты - около 2,0.

9. Защиты от замыканий на землю на кабельных линиях в сетях с изолированной нейтралью (действующие на сигнал или на отключение): для защит, реагирующих на токи основной частоты, - около 1,25; для защит, реагирующих на токи повышенных частот, - около 1,5.

10) Защита от замыканий на землю на воздушных линиях (далее ВЛ) в сетях с изолированной нейтралью, действующие на сигнал или на отключение, см. пункт 1.3.

11) При определении коэффициентов чувствительности, указанных в подпунктах 1, 2, 5 и 7 пункта 3.2.21 настоящих Правил, необходимо учитывать следующее:

1) Чувствительность по мощности индукционного реле направления мощности проверяется только при включении его на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей.

2) Чувствительность реле направления мощности, выполненного по схеме сравнения (абсолютных значений или фаз), проверяется: при включении на полный ток и напряжение - по току; при включении на составляющие токов и напряжений обратной и нулевой последовательностей - по току и напряжению.

3.2.23. Для генераторов, работающих на сборные шины, чувствительность защиты от замыканий на землю в обмотке статора, действующей на отключение, определяется ее током срабатывания, который должен быть не более 3 А. Допускается как исключение увеличение тока срабатывания до 5,5 А.

Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором, коэффициент чувствительности защиты от однофазных замыканий на землю, охватывающей всю обмотку статора, должен быть не менее 2,0; для защиты напряжения нулевой последовательности, охватывающей не всю обмотку статора, напряжение срабатывания должно быть не более 15 В.

3.2.24. Чувствительность защит на переменном оперативном токе, выполняемых по схеме с десунтированием электромагнитов отключения, следует проверять с учетом действительной токовой погрешности трансформаторов тока после десунтирования. При этом минимальное значение коэффициента чувствительности электромагнитов отключения, определяемое для условия их надежного срабатывания, должно быть приблизительно на 20% больше принимаемого для соответствующих защит (смотри пункт 3.2.21. настоящих Правил).

3.2.25. Наименьшие коэффициенты чувствительности для резервных защит при КЗ в конце смежного элемента или наиболее удаленного из нескольких последовательных элементов, входящих в зону резервирования, должны быть (смотри также пункт 3.2.17. настоящих Правил):

для органов тока, напряжения, сопротивления - 1,2;

для органов направления мощности обратной и нулевой последовательностей - 1,4 по мощности и 1,2 по току и напряжению;

для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и 1,2 по току.

При оценке чувствительности ступеней резервных защит, осуществляющих ближнее резервирование (смотри пункт 3.2.15. настоящих Правил), следует исходить из коэффициентов чувствительности, приведенных в пункте 3.2.21 настоящих Правил для соответствующих защит.

3.2.26. Для токовых отсечек без выдержки времени, устанавливаемых на линиях и выполняющих функции дополнительных защит, коэффициент чувствительности должен быть около 1,2 при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

3.2.27. Если действие защиты последующего элемента возможно из-за отказа вследствие недостаточной чувствительности защиты предыдущего элемента, то чувствительности этих защит необходимо согласовывать между собой.

Допускается не согласовывать между собой ступени этих защит, предназначенные для дальнего резервирования, если не отключение КЗ вследствие недостаточной чувствительности защиты последующего элемента (например, защиты обратной последовательности генераторов, автотрансформаторов) может привести к тяжелым последствиям.

3.2.28. В сетях с глухозаземленной нейтралью должен быть выбран исходя из условий релейной защиты такой режим заземления нейтралей силовых трансформаторов (т. е. размещение трансформаторов с заземленной нейтралью), при котором значения токов и напряжений при замыканиях на землю обеспечивают действие релейной защиты элементов сети при всех возможных режимах эксплуатации электрической системы.

Для повышающих трансформаторов и трансформаторов с двух- и трехсторонним питанием (или существенной подпиткой от синхронных электродвигателей или синхронных компенсаторов), имеющих неполную изоляцию обмотки со стороны вывода нейтрали, как правило, должно быть исключено возникновение недопустимого для них режима работы с изолированной нейтралью на выделившиеся шины или участок сети 110-220 кВ с замыканием на землю одной фазы (смотри пункт 3.2.63. настоящих Правил).

3.2.29. Трансформаторы тока, предназначенные для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. В целях предотвращения излишних срабатываний защиты при КЗ вне защищаемой зоны погрешность (полная или токовая) трансформаторов тока, как правило, не должна превышать 10%. Более высокие погрешности допускаются при использовании защит (например, дифференциальная защита шин с торможением), правильное действие которых при повышенных

напряжениях обеспечивается с помощью специальных мероприятий. Указанные требования должны соблюдаться;

для ступенчатых защит - при КЗ в конце зоны действия ступени защиты, а для направленных ступенчатых защит - также и при внешнем КЗ;

для остальных защит - при внешнем КЗ.

Для дифференциальных токовых защит (шин, трансформаторов, генераторов и т. п.) должна быть учтена полная погрешность, для остальных защит - токовая погрешность, а при включении последних на сумму токов двух или более трансформаторов тока и режиме внешних КЗ - полная погрешность.

При расчетах допустимых нагрузок на трансформаторы тока допускается в качестве исходной принимать полную погрешность.

2. Токовая погрешность трансформаторов тока в целях предотвращения откинов защиты при КЗ в начале защищаемой зоны не должна превышать:

по условиям повышенной вибрации контактов реле направления мощности или реле тока - значений, допустимых для выбранного типа реле;

по условиям предельно допустимой для реле направления мощности и направленных реле сопротивлений угловой погрешности - 50%.

3. Напряжение на выводах вторичной обмотки трансформаторов тока при КЗ в защищаемой зоне не должно превышать значения, допустимого для устройства релейной защиты и автоматики (далее - РЗА).

3.2.30. Токовые цепи электроизмерительных приборов (совместно со счетчиками) и релейной защиты должны быть присоединены, как правило, к разным обмоткам трансформаторов тока.

Допускается их присоединение к одной обмотке трансформаторов тока при условии выполнения требований пункта 1.5.18 ПУЭ. Раздел I и пункта 3.2.29. настоящих Правил. При этом в цепи защит, которые по принципу действия могут работать неправильно при нарушении токовых цепей, включение электроизмерительных приборов допускается только через промежуточные трансформаторы тока и при условии, что трансформаторы тока удовлетворяют требованиям пункта 3.2.29. настоящих Правил при разомкнутой вторичной цепи промежуточных трансформаторов тока.

3.2.31. Защиту с применением реле прямого действия, как первичных, так и вторичных, и защиты на переменном оперативном токе рекомендуется применять, если это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановки.

3.2.32. В качестве источника переменного оперативного тока для защит от КЗ, как правило, следует использовать трансформаторы тока защищаемого элемента. Допускается также использование трансформаторов напряжения или трансформаторов собственных нужд.



В зависимости от конкретных условий должна быть применена одна из следующих схем: с дешунтированием электромагнитов отключением выключателей, с использованием блоков питания, с использованием зарядных устройств с конденсаторами.

3.2.33. Устройства релейной защиты, выводимые из работы по условиям режима сети, селективности действия или по другим причинам, должны иметь специальные приспособления для вывода их из работы оперативным персоналом.

Для обеспечения эксплуатационных проверок и испытаний в схемах защиты следует предусматривать, где это необходимо, испытательные блоки или измерительные зажимы.

### **Защита турбогенераторов, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения\***

3.2.34. Для турбогенераторов выше 1 кВ мощностью более 1 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и нарушений нормального режима работы:

- 1) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;
- 2) однофазных замыканий на землю в обмотке статора;
- 3) двойных замыканий на землю, одно из которых возникло в обмотке статора, а второе - во внешней сети;
- 4) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора (при наличии выведенных параллельных ветвей обмотки);
- 5) внешних КЗ;
- 6) перегрузки токами обратной последовательности (для генераторов мощностью более 30 МВт);
- 7) симметричной перегрузки обмотки статора;
- 8) перегрузки обмотки ротора током возбуждения (для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток);
- 9) замыкания на землю во второй точке цепи возбуждения;
- 10) асинхронного режима с потерей возбуждения (в соответствии с пунктом 3.2.49 настоящих Правил).

3.2.35. Для турбогенераторов выше 1 кВ мощностью 1 МВт и менее, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, следует предусматривать устройства релейной защиты в соответствии с подпунктами. 1-3, 5 и 7 пункта 3.2.34. настоящих Правил.

\* Требованиям, приведенным в пунктах 3.2.34 - 3.2.50 настоящих Правил, можно руководствоваться и для других генераторов.

Для турбогенераторов до 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, защиту рекомендуется выполнять в соответствии с пунктом 3.2.50 настоящих Правил.

3.2.36. Для защиты от многофазных замыканий в обмотке статора турбогенераторов выше 1 кВ мощностью более 1 МВт, имеющих выводы отдельных фаз со стороны нейтрали, должна быть предусмотрена продольная дифференциальная токовая защита (исключение смотри в пункте 3.2.37. настоящих Правил.). Защита должна действовать на отключение всех выключателей генератора, на гашение поля, а также на останов турбины.

В зону действия защиты кроме генератора должны входить соединения генератора со сборными шинами электростанции (до выключателя).

Продольная дифференциальная токовая защита должна быть выполнена с током срабатывания не более  $0,6 I_{ном}$  (где  $I_{ном}$  – номинальный ток). Для генераторов мощностью до 30 МВт с косвенным охлаждением допускается выполнять защиту с током срабатывания 1,3-1,4  $I_{ном}$ .

Контроль неисправности токовых цепей защиты следует предусматривать при токе срабатывания защиты более  $I_{ном}$ .

Продольная дифференциальная токовая защита должна быть осуществлена с отстройкой от переходных значений токов небаланса (например, реле с настраиваемыми трансформаторами тока).

Защиту следует выполнять трехфазной трехрелейной. Для генераторов мощностью до 30 МВт защиту допускается выполнять двухфазной двухрелейной при наличии защиты от двойных замыканий на землю.

3.2.37. Для защиты от многофазных замыканий в обмотке статора генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт, работающих параллельно с другими генераторами или электроэнергетической системой, должна быть предусмотрена токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны выводов генератора к сборным шинам. Если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, вместо нее допускается устанавливать продольную дифференциальную токовую защиту.

Применение токовой отсечки взамен дифференциальной защиты допускается и для генераторов большей мощности, не имеющих выводов фаз со стороны нейтрали.

Для одиночно работающих генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от многофазных замыканий в обмотке статора следует использовать защиту от внешних КЗ (смотри пункт 3.2.44 настоящих Правил). Защита должна действовать на отключение всех выключателей генератора и гашение его поля.

3.2.38. Для защиты генераторов выше 1 кВ от однофазных замыканий на землю в обмотке статора при естественном емкостном токе замыкания на

землю 5 А и более (независимо от наличия или отсутствия компенсации) должна быть предусмотрена токовая защита, реагирующая на полный ток замыкания на землю или на его составляющие высших гармоник. При необходимости для ее включения могут быть установлены трансформаторы тока нулевой последовательности непосредственно у выводов генератора. Применение защиты рекомендуется и при емкостном токе замыкания на землю менее 5 А. Защита должна быть отстроена от переходных процессов и действовать, как в пунктах 3.2.36. или 3.2.37 настоящих Правил.

Когда защита от замыканий на землю не устанавливается (так как при емкостном токе замыкания на землю менее 5 А она нечувствительна) или не действует (например, при компенсации емкостного тока в сети генераторного напряжения), в качестве защиты генератора от замыканий на землю может использоваться установленное на шинах и действующее на сигнал устройство контроля изоляции.

3.2.39. При установке на генераторах трансформатора тока нулевой последовательности для защиты от однофазных замыканий на землю должна быть предусмотрена токовая защита от двойных замыканий на землю, присоединяемая к этому трансформатору тока.

Для повышения надежности действия при больших значениях тока следует применять реле с насыщающимся трансформатором тока. Эта защита должна быть выполнена без выдержки времени и действовать как защита, указанная в пунктах 3.2.36. или 3.2.37. настоящих Правил.

3.2.40. Для защиты от замыканий между витками одной фазы в обмотке статора генератора с выведенными параллельными ветвями должна предусматриваться односистемная поперечная дифференциальная токовая защита без выдержки времени, действующая как защита, указанная в пункте 3.2.36. настоящих Правил.

3.2.41. Для защиты генераторов мощностью более 30 МВт от токов, обусловленных внешними несимметричными КЗ, а также от перегрузки током обратной последовательности следует предусматривать токовую защиту обратной последовательности, действующую на отключение с двумя выдержками времени (смотри пункт 3.2.45 настоящих Правил).

Для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток защиту следует выполнять со ступенчатой или зависимой характеристикой выдержки времени. При этом ступенчатая и зависимая характеристики при вторых (более высоких) выдержках времени не должны быть выше характеристики допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности.

Для генераторов с косвенным охлаждением проводников обмоток защиту следует выполнять с независимой выдержкой времени с током срабатывания не

более допустимого для генератора при прохождении по нему тока обратной последовательности в течение 2 мин; меньшая выдержка времени защиты не должна превышать допустимой длительности двухфазного КЗ на выводах генератора.

Токовая защита обратной последовательности, действующая на отключение, должна быть дополнена более чувствительным элементом, действующим на сигнал с независимой выдержкой времени. Ток срабатывания этого элемента должен быть не более длительно допустимого тока обратной последовательности для данного типа генератора.

3.2.42. Для защиты генераторов мощностью более 30 МВт от внешних симметричных КЗ должна быть предусмотрена максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения, выполняемая одним реле тока, включенным на фазный ток, и одним минимальным реле напряжения, включенным на междуфазное напряжение. Ток срабатывания защиты должен быть около  $1,3-1,5 I_{ном}$ , а напряжение срабатывания – около  $0,5-0,6 U_{ном}$  (где  $U_{ном}$  – номинальное напряжение).

На генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток вместо указанной защиты может быть установлена однорелейная дистанционная защита.

3.2.43. Для защиты генераторов мощностью более 1 МВт до 30 МВт от внешних КЗ следует применять максимальную токовую защиту с комбинированным пуском напряжения, выполненным с одним минимальным реле напряжения, включенным на междуфазное напряжение, и одним устройством фильтр-реле напряжения обратной последовательности, разрывающим цепь минимального реле напряжения.

Ток срабатывания защиты и напряжение срабатывания минимального органа напряжения следует принимать равными указанным в пункте 3.2.42. настоящих Правил, напряжение срабатывания устройства фильтр - реле напряжения обратной последовательности -  $0,1-0,12 U_{ном}$ .

3.2.44. Для генераторов выше 1 кВ мощностью до 1 МВт в качестве защиты от внешних КЗ должна быть применена максимальная токовая защита, присоединяемая к трансформаторам тока со стороны нейтрали. Уставку защиты следует выбирать по току нагрузки с необходимым запасом. Допускается также применение упрощенной минимальной защиты напряжения (без реле тока).

3.2.45. Защита генераторов мощностью более 1 МВт от токов, обусловленных внешними КЗ, должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:

1. Защиту следует присоединять к трансформаторам тока, установленным на выводах генератора со стороны нейтрали.

2. При наличии секционирования шин генераторного напряжения защиту следует выполнять с двумя выдержками времени: с меньшей выдержкой - на отключение соответствующих секционных и шиносоединительного выключателей, с большей - на отключение выключателя генератора и гашение поля.

3.2.46. На генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток должна быть предусмотрена защита ротора от перегрузки при работе генератора, как с основным, так и с резервным возбуждением. Защиту следует выполнять с независимой или зависимой от тока выдержкой времени и реагирующей на повышение напряжения или тока в обмотке ротора. Защита должна действовать на отключение выключателя генератора и гашение поля. С меньшей выдержкой времени от защиты должна производиться разгрузка ротора.

3.2.47. Защита генератора от токов, обусловленных симметричной перегрузкой, должна быть выполнена в виде максимальной токовой защиты, действующей на сигнал с выдержкой времени и использующей ток одной фазы статора.

Для разгрузки и при необходимости для автоматического отключения генератора с непосредственным охлаждением проводников обмоток при симметричных перегрузках допускается использовать защиту ротора, выполняемую согласно пункту 3.2.46. настоящих Правил и реагирующую на перегрузки ротора, сопровождающие симметричные перегрузки турбогенераторов.

3.2.48. Защита от замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов должна быть предусмотрена в одном комплекте на несколько (но не более трех) генераторов с близкими параметрами цепей возбуждения. Защита должна включаться в работу только при появлении замыкания на землю в одной точке цепи возбуждения, выявляемого при периодическом контроле изоляции (смотри Главу 1.6 ПУЭ. Раздел I). Защита должна действовать на отключение выключателя генератора и гашение поля на генераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток и на сигнал или на отключение на генераторах с косвенным охлаждением.

3.2.49. На турбогенераторах с непосредственным охлаждением проводников обмоток рекомендуется устанавливать устройства защиты от асинхронного режима с потерей возбуждения. Допускается вместо этого предусматривать автоматическое выявление асинхронного режима только по положению устройств автоматического гашения поля (далее АГП). При действии указанных устройств защиты или при отключении АГП на генераторах, допускающих асинхронный режим, должен подаваться сигнал о потере возбуждения.

Генераторов, не допускающие асинхронного режима, а в условиях дефицита реактивной мощности в системе и остальные генераторы, потерявшие возбуждение, должны отключиться от сети при действии указанных устройств (защиты или автоматического гашения поля).

3.2.90. Защиту генераторов до 1 кВ мощностью до 1 МВт с незаземленной нейтралью от всех видов повреждений и ненормальных режимов работы следует осуществлять установкой на выводах автоматического выключателя с максимальными расцепителями или выключателя с максимальной токовой защитой в двухфазном исполнении. При наличии выводов со стороны нейтрали защитную защиту, если возможно, следует присоединять к трансформаторам тока, установленным на этих выводах.

Для указанных генераторов с глухозаземленной нейтралью эта защита должна быть предусмотрена в трехфазном исполнении.

### **Защита трансформаторов (автотрансформаторов) с обмоткой высшего напряжения 3 кВ и выше и шунтирующих реакторов 500 кВ**

3.2.51. Для трансформаторов\* должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- 1) многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
- 2) однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью;
- 3) витковых замыканий в обмотках;
- 4) токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;
- 5) токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;
- 6) понижения уровня масла;
- 7) частичного пробоя изоляции вводов 500 кВ;
- 8) однофазных замыканий на землю в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью, если трансформатор питает сеть, в которой отключение однофазных замыканий на землю необходимо по требованиям безопасности (смотри пункт 3.2.95. настоящих Правил).

Рекомендуется, кроме того, применение защиты от однофазных замыканий на землю на стороне 6-35 кВ автотрансформаторов с высшим напряжением 220 кВ и выше.

---

\* Здесь и далее в Разделе III термин "трансформаторы" распространяется и на автотрансформаторы (соответствующих напряжений и мощностей), если в тексте не делается специальной оговорки

3.2.52. Для шунтирующих реакторов 500 кВ следует предусматривать устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- 1) однофазных и двухфазных замыканий на землю в обмотках и на выводах;
- 2) витковых замыканий в обмотках;
- 3) понижение уровня масла;
- 4) частичного пробоя изоляции вводов.

3.2.53. Газовая защита от повреждений внутри кожуха, сопровождающихся выделением газа, и от понижения уровня масла должна быть предусмотрена:

для трансформаторов мощностью 6,3 МВ·А и более;

для шунтирующих реакторов напряжением 500 кВ;

для внутрицеховых понижающих трансформаторов мощностью 630 кВ·А и более.

Газовую защиту можно устанавливать также на трансформаторах мощностью I - 4МВ·А.

Газовая защита должна действовать на сигнал при слабом газообразовании и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании и дальнейшем понижении уровня масла.

Защита от повреждений внутри кожуха трансформатора, сопровождающихся выделением газа, может быть выполнена также с использованием реле давления.

Защита от понижения уровня масла может быть выполнена также в виде отдельного реле уровня в расширителе трансформатора.

Для защиты контакторного устройства регулирования под нагрузкой (далее - РПН) с разрывом дуги в масле следует предусматривать отдельное газовое реле и реле давления.

Для защиты избирателей РПН, размещаемых в отдельном баке, следует предусматривать отдельное газовое реле.

Должна быть предусмотрена возможность перевода действия отключающего элемента газовой защиты на сигнал и выполнения отдельной сигнализации от сигнального и отключающих элементов газового реле (различающейся характером сигнала).

Допускается выполнение газовой защиты с действием отключающего элемента только на сигнал:

на трансформаторах, которые установлены в районах, подверженных землетрясениям;

на внутрицеховых понижающих трансформаторах мощностью 2,5 МВ·А и менее, не имеющих выключателей со стороны высшего напряжения.

3.2.54. Для защиты от повреждений на выводах, а также от внутренних повреждений должны быть предусмотрены:

1 Продолжения дифференциальная токовая защита без выдержки времени на трансформаторах мощностью 6,3 МВ·А и более, на шунтирующих реакторах 400 кВ, а также на трансформаторах мощностью 4 МВ·А при параллельной работе последних с целью селективного отключения поврежденного трансформатора. Дифференциальная защита может быть предусмотрена на трансформаторах меньшей мощности, но не менее 1 МВ·А, если:

токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 0,5 с;

трансформатор установлен в районе, подверженном землетрясениям.

2. Токовая отсечка без выдержки времени, устанавливаемая со стороны питания и охватывающая часть обмотки трансформатора, если не предусматривается дифференциальная защита.

Указанные защиты должны действовать на отключение всех выключателей трансформатора.

3.2.55. Продольная дифференциальная токовая защита должна осуществляться с применением специальных реле тока, отстроенных от бросков тока намагничивания, переходных и установившихся токов небаланса (например, насыщающиеся трансформаторы тока, тормозные обмотки).

На трансформаторах мощностью до 25 МВ·А допускается выполнение защиты с реле тока, отстроенными по току срабатывания от бросков тока намагничивания и переходных значений токов небаланса (дифференциальная отсечка), если при этом обеспечивается требуемая чувствительность.

Продольная дифференциальная защита должна быть выполнена так, чтобы в зону ее действия входили соединения трансформатора со сборными шинами.

Допускается использование для дифференциальной защиты трансформаторов тока, встроенных в трансформатор, при наличии защиты, обеспечивающей отключение (с требуемым быстродействием) КЗ в соединениях трансформатора со сборными шинами.

Если в цепи низшего напряжения трансформатора установлен реактор и защита трансформатора не обеспечивает требования чувствительности при КЗ за реактором, допускается установка трансформаторов тока со стороны выводов низшего напряжения трансформатора для осуществления защиты реактора.

3.2.56. Устройство контроля изоляции вводов (далее - КИВ) 500 кВ должно быть выполнено с действием на сигнал при частичном пробое изоляции вводов, не требующем немедленного отключения, и на отключение при повреждении изоляции ввода (до того, как произойдет полный пробой изоляции).



Должна быть предусмотрена блокировка, предотвращающая ложные срабатывания устройства КИВ при обрывах в цепях присоединения КИВ к выводам.

3.2.57. В случаях присоединения трансформаторов (кроме внутрицеховых) к линиям без выключателей (например, по схеме блока линия - трансформатор) для отключения повреждений в трансформаторе должно быть предусмотрено одно из следующих мероприятий:

1. Установка короткозамыкателя для искусственного замыкания на землю одной фазы (для сети с глухозаземленной нейтралью) или двух фаз между собой (для сети с изолированной нейтралью) и, если это необходимо, отделителя, автоматически отключающегося в бестоковую паузу автоматического повторного включения (далее - АПВ) линии. Короткозамыкатель должен быть установлен вне зоны дифференциальной защиты трансформатора.

2. Установка на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора открытых плавких вставок, выполняющих функции короткозамыкателя и отделителя, в сочетании с АПВ линии.

3. Передача отключающего сигнала на выключатель (или выключатели) линии; при этом, если необходимо, устанавливается отделитель; для резервирования передачи отключающего сигнала допускается установка короткозамыкателя.

При решении вопроса о необходимости применения передачи отключающего сигнала взамен мероприятий пп. 1 и 2 должно учитываться следующее:

ответственность линии и допустимость искусственного создания на ней металлического КЗ;

мощность трансформатора и допустимое время ликвидации повреждения в нем;

удаленность подстанции от питающего конца линии и способность выключателя отключать неудаленные КЗ;

характер потребителя с точки зрения требуемой скорости восстановления напряжения:

вероятность отказов короткозамыкателя при низких температурах и гололеде.

4. Установка предохранителей на стороне высшего напряжения понижающего трансформатора.

Мероприятия подпунктов 1 - 4 могут не предусматриваться для блоков линия - трансформатор, если при двустороннем питании трансформатор защищается общей защитой блока (высокочастотной или продольной дифференциальной специального назначения), а также при мощности

трансформатора 25 МВ·А и менее при одностороннем питании, если защита питающей линии обеспечивает также защиту трансформатора (она действующая защита линии частично защищает трансформатор и резервная защита линии с временем не более 1 с защищает весь трансформатор); при этом газовая защита выполняется с действием отключающего элемента только на сигнал.

В случае применения мероприятий подпункта 1 или подпункта 3 на трансформаторе должны быть установлены:

при наличии на стороне высшего напряжения трансформатора (110 кВ и выше) встроенных трансформаторов тока-защиты по пунктам 3.2.53, 3.2.54, 3.2.58 и 3.2.59 настоящих Правил;

при отсутствии встроенных трансформаторов тока - дифференциальная (в соответствии с пунктом 3.2.54. настоящих Правил) или максимальная токовая защита, выполненная с использованием накладных или магнитных трансформаторов тока, и газовая защита по пункту 3.2.53. настоящих Правил

Повреждения на выводах высшего напряжения трансформаторов допускается ликвидировать защитой линии.

В отдельных случаях при отсутствии встроенных трансформаторов тока допускается применение выносных трансформаторов тока, если при использовании накладных или магнитных трансформаторов тока не обеспечиваются требуемые характеристики защиты.

Для защиты трансформаторов с высшим напряжением 35 кВ в случае применения мероприятия п.1 должны предусматриваться выносные трансформаторы тока; при этом целесообразность установки короткозамыкателя и выносных трансформаторов тока или выключателя с встроенными трансформаторами тока должна быть обоснована технико-экономическим расчетом.

Если применены открытые плавкие вставки (смотри подпункт 2), то для повышения чувствительности действие газовой защиты может осуществляться на выполнение механическим путем искусственного КЗ на вставках.

Если в нагрузках трансформаторов подстанций содержатся синхронные электродвигатели, то должны быть приняты меры по предотвращению отключения отделителем (при КЗ в одном из трансформаторов) тока от синхронных электродвигателей, идущего через другие трансформаторы.

3.2.58. На трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более в качестве защиты от токов в обмотках, обусловленных внешними многофазными КЗ, должны быть предусмотрены следующие защиты с действием на отключение:

1. На повышающих трансформаторах с двусторонним питанием - токовая защита обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения от симметричных КЗ или

максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения (смотри пункт 3.2.43. настоящих Правил).

2. На понижающих трансформаторах - максимальная токовая защита с комбинированным пуском напряжения или без него; на мощных понижающих трансформаторах при наличии двустороннего питания можно применять токовую защиту обратной последовательности от несимметричных КЗ и максимальную токовую защиту с минимальным пуском напряжения от симметричных КЗ.

При выборе тока срабатывания максимальной токовой защиты необходимо учитывать возможные токи перегрузки при отключении параллельно работающих трансформаторов и ток самозапуска электродвигателей, питающихся от трансформаторов.

На понижающих автотрансформаторах 500 кВ следует предусматривать дистанционную защиту для действия при внешних многофазных КЗ в случаях, когда это требуется для обеспечения дальнего резервирования или согласования защит смежных напряжений; в этих же случаях указанную защиту допускается устанавливать на автотрансформаторах 220 кВ.

3.2.59. На трансформаторах мощностью менее 1 МВ·А (повышающих и понижающих) в качестве защиты от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, должна быть предусмотрена действующая на отключение максимальная токовая защита.

3.2.60. Защиту от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, следует устанавливать:

- 1) на двухобмоточных трансформаторах - со стороны основного питания;
- 2) на многообмоточных трансформаторах, присоединенных тремя и более выключателями, - со всех сторон трансформатора; допускается не устанавливать защиту на одной из сторон трансформатора, а выполнять ее со стороны основного питания, так чтобы она с меньшей выдержкой времени отключала выключатели с той стороны, на которой защита отсутствует;
- 3) на понижающем двухобмоточном трансформаторе, питающем раздельно работающие секции, - со стороны питания и со стороны каждой секции;
- 4) при применении накладных трансформаторов тока на стороне высшего напряжения - со стороны низшего напряжения на двухобмоточном трансформаторе и со стороны низшего и среднего напряжений на трехобмоточном трансформаторе.

Допускается защиту от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, предусматривать только для резервирования защит смежных элементов и не предусматривать для действия при отказе основных защит трансформаторов, если выполнение для такого действия приводит к значительному усложнению защиты.

При выполнении защиты от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, по подпункту 2, пункта 3.2.58, должны также рассматриваться необходимость и возможность дополнения ее токовой отсечкой, предназначенной для отключения с меньшей выдержкой времени КЗ на шинах среднего и низшего напряжений (исходя из уровня токов КЗ, наличия отдельной защиты шин, возможности согласования с защитами отходящих элементов).

3.2.61. Если защита повышающих трансформаторов от токов, обусловленных внешними многофазными КЗ, не обеспечивает требуемых чувствительности и селективности, то для защиты трансформатора допускается использовать реле тока соответствующей защиты генераторов.

3.2.62. На повышающих трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более, на трансформаторах с двух- и трехсторонним питанием и на автотрансформаторах по условию необходимости резервирования отключения замыканий на землю на смежных элементах, а на автотрансформаторах, кроме того, и по условию обеспечения селективности защит от замыканий на землю сетей разных напряжений должна быть предусмотрена токовая защита нулевой последовательности от внешних замыканий на землю, устанавливаемая со стороны обмотки, присоединенной к сети с большими токами замыкания на землю.

При наличии части трансформаторов (из числа имеющих неполную изоляцию обмотки со стороны нулевого вывода) с изолированной нейтралью должно обеспечиваться предотвращение недопустимого режима нейтрали этих трансформаторов в соответствии с пунктом 3.2.28. настоящих Правил. С этой целью в случаях, когда на электростанции или подстанции установлены трансформаторы с заземленной и изолированной нейтралью,

имеющие питание со сторон низших напряжений, должна быть предусмотрена защита, обеспечивающая отключение трансформатора с изолированной нейтралью или ее автоматическое заземление до отключения трансформаторов с заземленной нейтралью, работающих на те же шины или участок сети.

3.2.63. На автотрансформаторах (многообмоточных трансформаторах) с питанием с нескольких сторон защиту от токов, вызванных внешними КЗ, необходимо выполнять направленной, если это требуется по условиям селективности.

3.2.64. На авто трансформаторах 220-500 кВ подстанций, блоках генератор-трансформатор 220-500 кВ и автотрансформаторах связи 220-500 кВ электростанций должна быть предусмотрена возможность оперативного ускорения защит от токов, обусловленных внешними КЗ, при выводе из действия дифференциальных защит шин или ошиновки, обеспечивающего

отключение повреждений на элементах, оставшихся без быстродействующей защиты с выдержкой времени около 0,5 с.

3.2.65. На понижающих трансформаторах и блоках трансформатор - магистраль с высшим напряжением до 35 кВ и соединением обмотки низшего напряжения в звезду с заземленной нейтралью следует предусматривать защиту от однофазных замыканий на землю в сети низшего напряжения, осуществляемую применением:

1) максимальной токовой защиты от внешних КЗ, устанавливаемой на стороне высшего напряжения, и, если это требуется по условию чувствительности, в трехрелейном исполнении;

2) автоматических выключателей или предохранителей на выводах низшего напряжения;

3) специальной защиты нулевой последовательности, устанавливаемой в нулевом проводе трансформатора (при недостаточной чувствительности защит по подпунктам 1 и 2).

Для промышленных электроустановок, если сборка на стороне низшего напряжения с аппаратами защиты присоединений находится в непосредственной близости от трансформатора (до 30 м) или соединение между трансформатором и сборкой выполнено трехфазными кабелями, допускается защиту по подпункту 3 не применять.

При применении защиты по подпункту 3 допускается не согласовывать ее с защитами элементов, отходящих от сборки на стороне низшего напряжения.

Для схемы линия - трансформатор в случае применения защиты по подпункту 3 допускается не прокладывать специальный контрольный кабель для обеспечения действия этой защиты на выключатель со стороны высшего напряжения и выполнять ее с действием на автоматический выключатель, установленный на стороне низшего напряжения.

Требования настоящего параграфа распространяются также на защиту указанных трансформаторов предохранителями, установленными на стороне высшего напряжения.

3.2.66. На стороне низшего напряжения понижающих трансформаторов с высшим напряжением 6-10 кВ, питающих сборки с присоединениями, защищенными предохранителями, следует устанавливать главный предохранитель или автоматический выключатель.

Если предохранители на присоединениях низшего напряжения и предохранители (или релейная защита) на стороне высшего напряжения обслуживаются и находятся в ведении одного и того же персонала (например, только персонала энергосистемы или только персонала потребителя), то главный предохранитель или автоматический выключатель на стороне низшего напряжения трансформатора может не устанавливаться.

3.2.67. Защита от однофазных замыканий на землю по подпункту 8, пункта 3.2.51. настоящих Правил, должна быть выполнена в соответствии с пунктом 3.2.96. настоящих Правил.

3.2.68. На трансформаторах мощностью 0,4 МВ·А и более в зависимости от вероятности и значения возможной перегрузки следует предусматривать максимальную токовую защиту от токов, обусловленных перегрузкой, с действием на сигнал.

Для подстанций без постоянного дежурства персонала допускается предусматривать действие этой защиты на автоматическую разгрузку или отключение (при невозможности ликвидации перегрузки другими средствами).

3.2.69. При наличии со стороны нейтрали трансформатора отдельного добавочного трансформатора для регулирования напряжения под нагрузкой необходимо предусматривать в дополнение к указанным в пунктах 3.2.51-3.2.56, 3.2.58, 3.2.62. настоящих Правил следующие защиты:

газовую защиту добавочного трансформатора;

максимальную токовую защиту с торможением при внешних КЗ от повреждений в первичной обмотке добавочного трансформатора, за исключением случаев, когда эта обмотка включается в зону действия дифференциальной токовой защиты цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора;

дифференциальную защиту, которая охватывает вторичную обмотку добавочного трансформатора.

3.2.70. Защиту линейного добавочного трансформатора, установленного со стороны низшего напряжения автотрансформатора, следует осуществлять:

газовой защитой собственно добавочного трансформатора и защитой контакторного устройства РПН, которая может быть выполнена с применением реле давления или отдельного газового реле;

дифференциальной токовой защитой цепей стороны низшего напряжения автотрансформатора.

### **Защита блоков генератор-трансформатор**

3.2.71. Для блоков генератор-трансформатор с генераторами мощностью более 10 МВт должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- 1) замыканий на землю на стороне генераторного напряжения;
- 2) многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;
- 3) замыканий между витками одной фазы в обмотке статора турбогенератора (в соответствии с пунктом 3.2.75. настоящих Правил);
- 4) многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора;

- 5) однофазных замыканий на землю в обмотке трансформатора и на ее выводах, присоединенных к сети с большими токами замыкания на землю;
- 6) замыканий между витками в обмотках трансформатора;
- 7) внешних КЗ;
- 8) перегрузки генератора токами обратной последовательности (для блоков с генераторами мощностью более 30 МВт);
- 9) симметричной перегрузки обмотки статора генератора и обмоток трансформатора;
- 10) перегрузки обмотки ротора генератора током возбуждения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов);
- 11) повышения напряжения на статоре генератора и трансформаторе блока (для блоков с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более и для всех блоков с гидрогенераторами);
- 12) замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения (в соответствии с пунктом 3.2.84. настоящих Правил);
- 13) замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенератора мощностью менее 160 МВт;
- 14) асинхронного режима с потерей возбуждения\* (в соответствии с пунктом 3.2.85. настоящих Правил);
- 15) понижения уровня масла в баке трансформатора;
- 16) частичного пробоя изоляции вводов 500 кВ трансформаторов.

3.2.72. Указания по выполнению защиты генераторов и повышающих трансформаторов, относящиеся к их раздельной работе, действительны и для того случая, когда они объединены в блок генератор - трансформатор (автотрансформатор), с учетом требований, приведенных в пунктах 3.2.73-3.2.89. настоящих Правил

3.2.73. На блоках с генераторами мощностью более 30 МВт, как правило, должна быть предусмотрена защита от замыканий на землю в цепи генераторного напряжения, охватывающая всю обмотку статора.

При мощности генератора блоков 30 МВт и менее следует применять устройства, защищающие не менее 85°, обмотки статора. Применение таких устройств допускается также на блоках с турбогенераторами мощностью от 30 до 160 МВт, если для защиты всей обмотки статора требуется включение в цепь генератора дополнительной аппаратуры.

Защита должна быть выполнена с действием на отключение с выдержкой времени не более 0,5 с, на всех блоках без ответвлений на генераторном напряжении и с ответвлениями к трансформаторам собственных нужд. На

---

\* О предотвращении асинхронного режима без потери возбуждения смотри Главу 3.3 настоящих Правил.

блоках, имеющих электрическую связь с сетью собственных нужд или потребителей, питающихся по линиям от ответвлений между генератором и трансформатором, если емкостный ток замыканий на землю составляет 5 А и более, должны быть установлены действующие на отключение защиты от замыканий на землю в обмотке статора генератора и от двойных замыканий на землю, как это предусматривается на генераторах, работающих на сборные шины (смотри пункты 3.2.38 и 3.2.39. настоящих Правил); если емкостный ток замыканиям на землю составляет менее 5 А, то защита от замыканий на землю может быть выполнена так же, как на блоках без ответвлений на генераторном напряжении, но с действием на сигнал.

При наличии выключателя в цепи генератора должна быть дополнительно предусмотрена сигнализация замыканий на землю на стороне генераторного напряжения трансформатора блока.

3.2.74. На блоке с генератором, имеющим косвенное охлаждение, состоящем из одного генератора и одного трансформатора, при отсутствии выключателя в цепи генератора рекомендуется предусматривать одну общую продольную дифференциальную защиту блока. При наличии выключателя в цепи генератора на генераторе и трансформаторе должны быть установлены отдельные дифференциальные защиты.

При использовании в блоке двух трансформаторов вместо одного, а также при работе двух и более генераторов без выключателей в блоке с одним трансформатором (укрупненный блок) на каждом генераторе и трансформаторе мощностью 125 МВ·А и более должна быть предусмотрена отдельная продольная дифференциальная защита. При отсутствии встроенных трансформаторов тока на вводах низшего напряжения этих трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для двух трансформаторов.

На блоке с генератором, имеющим непосредственное охлаждение проводников обмоток, следует предусматривать отдельную продольную дифференциальную защиту генератора. При этом если в цепи генератора имеется выключатель, то должна быть установлена отдельная дифференциальная защита трансформатора блока (или каждого трансформатора, если в блоке с генератором работают два трансформатора или более; при отсутствии встроенных трансформаторов тока на вводах низшего напряжения этих трансформаторов допускается применение общей дифференциальной защиты для трансформаторов блока); при отсутствии выключателя для защиты трансформатора блока следует установить либо отдельную дифференциальную защиту, либо общую продольную дифференциальную защиту блока (для блоков, состоящих из одного генератора



и одного трансформатора, предпочтительна общая дифференциальная защита блока).

Со стороны высшего напряжения дифференциальная защита трансформатора (блока) может быть включена на трансформаторы тока, встроенные в трансформатор блока. При этом для защиты ошиновки между выключателями на стороне высшего напряжения и трансформатором блока должна быть установлена отдельная защита.

Отдельная дифференциальная защита генераторов должна быть выполнена трехфазной трехрелейной с током срабатывания аналогично указанному в пункте 3.2.36. настоящих Правил.

Для резервирования указанных дифференциальных защит на блоках с генераторами мощностью 160 МВт и более, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, следует предусматривать резервную дифференциальную защиту, охватывающую генератор и трансформатор блока вместе с ошиновкой на стороне высшего напряжения.

Рекомендуется установка резервной дифференциальной защиты блоков и при мощности генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток менее 160 МВт.

При применении резервной дифференциальной защиты на блоках без выключателя в цепи генератора рекомендуется предусматривать отдельные основные дифференциальные защиты генератора и трансформатора.

При наличии выключателя в цепи генератора резервная дифференциальная защита должна выполняться с выдержкой времени 0,35-0,5 с.

3.2.75. На турбогенераторах с двумя или тремя параллельными ветвями обмотки статора должна быть предусмотрена односистемная поперечная дифференциальная защита от витковых замыканий в одной фазе, действующая без выдержки времени.

3.2.76. На блоках с генераторами мощностью 160 МВт и более с непосредственным охлаждением проводников обмоток должна быть предусмотрена такая защита обратной последовательности с интегральной зависимой характеристикой, соответствующей характеристике допустимых перегрузок защищаемого генератора токами обратной последовательности. Защита должна действовать на отключение выключателя генератора, а при его отсутствии – на отключение блока от сети. Для резервирования защит смежных с блоками элементов должна иметь орган с независимой выдержкой времени, действующий на отключение блока от сети.

На блоках с генераторами мощностью менее 160 МВт, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, а также на блоках с гидрогенераторами мощностью более 30 МВт, имеющими косвенное охлаждение, токовую защиту обратной последовательности следует выполнять

со ступенчатой или зависимой выдержкой времени. При этом разные ступени защиты могут иметь одну или более выдержек времени (смотри подпункт 4 пункта 3.2.81. настоящих Правил). Указанная ступенчатая или зависимая выдержка времени должна быть согласована с характеристикой допустимых перегрузок генератора током обратной последовательности (смотри пункт 3.2.41. настоящих Правил).

На блоках с турбогенераторами с косвенным охлаждением мощностью более 30 МВт защита должна быть выполнена согласно пункту 3.2.41. настоящих Правил.

Кроме защит, действующих на отключение, на всех блоках с турбогенераторами мощностью более 30 МВт должна быть предусмотрена сигнализация перегрузки токами обратной последовательности, выполняемая в соответствии с пунктом 3.2.41. настоящих Правил

3.2.77. На блоках с генераторами мощностью более 30 МВт защита от внешних симметричных КЗ должна быть выполнена, как указано в пункте 3.2.42. настоящих Правил. При этом для гидрогенераторов напряжение срабатывания защиты следует принимать как правило 0,6-0,7 номинального. На блоках с гурбогенераторами, имеющими резервный возбудитель, указанная защита должна быть дополнена токовым реле, включенным на ток со стороны высшего напряжения блока.

На блоках с генераторами мощностью 60 МВт и более вместо указанной защиты рекомендуется применять дистанционную защиту.

На блоках с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, вместо резервной дифференциальной защиты (смотри пункт 3.2.74. настоящих Правил) допускается устанавливать двухступенчатую дистанционную защиту от междуфазных коротких замыканий.

Первая ступень этой защиты, осуществляющая ближнее резервирование должна выполняться с блокировкой при качаниях и действовать, как указана в под пункте 3 пункта 3.2.80 настоящих Правил, с выдержкой времени не более 1с. Первая ступень должна надежно охватывать трансформатор блока при обеспечении селективности с защитами смежных элементов. Резервирование первой ступени защит генераторов обязательно, если на блоке применяется отдельные дифференциальные защиты трансформатора и генератора.

Вторая ступень, осуществляющая дальнейшее резервирование, должна действовать, как указано в подпункте 2 пункта 3.2.80. настоящих Правил.

Рекомендуется установка двухступенчатой дистанционной защиты и при наличии резервной дифференциальной защиты с целью увеличения эффективности дальнего резервирования. Обе ступени дистанционной защиты в этом случае должны действовать, как указано в подпункте 2 пункта 3.2.80. настоящих Правил.

3.2.78. Защиту от внешних КЗ на блоках с генераторами мощностью 30 МВт и менее следует выполнять в соответствии с пунктом 3.2.43. настоящих Правил. Параметры срабатывания защиты на блоках с гидрогенераторами следует принимать согласно пунктам 3.2.42, 3.2.43 и 3.2.77. настоящих Правил.

3.2.79. На блоках генератор-трансформатор с выключателем в цепи генератора при отсутствии резервной дифференциальной защиты блока должна быть предусмотрена максимальная токовая защита со стороны высшего напряжения блока, предназначенная для резервирования основных защит трансформатора блока при работе с отключенным генератором.

3.2.80. Резервная защита блоков генератор-трансформатор должна быть выполнена с учетом следующего:

1. На стороне генераторного напряжения трансформатора блока защита не устанавливается, а используется защита генератора.

2. При дальнем резервировании защита должна действовать, как правило, с двумя выдержками времени: с первой - на деление схемы на стороне высшего напряжения блока (например, на отключение шиносоединительного и секционного выключателей), со второй - на отключение блока от сети.

3. При ближнем резервировании должны производиться отключение блока (генератора) от сети, гашение поля генератора и останов блока, если это требуется по пункту 3.2.88. настоящих Правил

4. Отдельные ступени или устройства резервной защиты в зависимости от их назначения и целесообразности использования при дальнем и ближнем резервировании могут иметь одну, две или три выдержки времени.

5. Органы пуска напряжения защит по пунктам 3.2.77 и 3.2.78. настоящих Правил рекомендуется предусматривать со стороны генераторного напряжения и со стороны сети.

6. Для основных и резервных защит блока, как правило, должны быть предусмотрены отдельные выходные реле и питание оперативным постоянным током от разных автоматических выключателей.

3.2.81. На блоках с турбогенераторами защиту от симметричных перегрузок статора следует выполнять так же, как на генераторах, работающих на сборные шины (смотри пункт 3.2.47. настоящих Правил).

На гидроэлектростанциях без постоянного дежурства оперативного персонала кроме сигнализации симметричных перегрузок должна быть предусмотрена защита с независимой характеристикой, действующая с большей выдержкой времени на отключение блока (генератора) и с меньшей - на разгрузку. Вместо указанной защиты могут быть использованы соответствующие устройства в системе регулирования возбуждения.

3.2.82. На генераторах мощностью 160 МВт и более с непосредственным охлаждением проводников обмоток защита от перегрузки обмотки ротора

током возбуждения должна быть выполнена с интегральной зависимой выдержкой времени, которая соответствует характеристике допустимых перегрузок генератора током возбуждения. Эта защита должна действовать на отключение.

При невозможности включения защиты на ток ротора (например, при бесщеточном возбуждении) допускается применение защиты с независимой выдержкой времени, реагирующей на повышение напряжения в цепи возбуждения.

В защите должна быть предусмотрена возможность действия с меньшей выдержкой времени на снижение тока возбуждения. При наличии устройств ограничения перегрузки в регуляторе возбуждения действие на разгрузку может осуществляться одновременно от этих устройств и от защиты ротора. Допускается также использовать устройство ограничения перегрузки в устройстве автоматического регулирования возбуждения (далее АРВ) для действия на разгрузку (с двумя выдержками времени) и отключение. При этом защита с интегральной зависимой выдержкой времени может не устанавливаться.

На турбогенераторах мощностью менее 160 МВт с непосредственным охлаждением проводников обмоток и на гидрогенераторах мощностью более 30 МВт с косвенным охлаждением защиту следует выполнять аналогично тому, как указано в пункте 3.2.4б. настоящих Правил.

При наличии устройств группового управления возбуждением на генераторах рекомендуется выполнять защиту с зависимой выдержкой времени.

При работе генераторов с резервным возбудителем защита ротора от перегрузки должна оставаться в работе. При невозможности использования защиты с зависимой выдержкой времени допускается предусматривать на резервном возбудителе защиту с независимой выдержкой времени.

3.2.83. На блоках с турбогенераторами мощностью 160 МВт и более для предотвращения повышения напряжения в режиме холостого хода должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения, которая автоматически выводится из действия при работе генератора на сеть. При действии защиты должно быть обеспечено гашение поля генератора и возбудителя.

На блоках с гидрогенераторами для предотвращения повышения напряжения при сбросах нагрузки должна быть предусмотрена защита от повышения напряжения. Защита должна действовать на отключение блока (генератора) и гашение поля генератора. Допускается действие защиты на останов агрегата.

3.2.84. Защита от замыканий на землю в одной точке цепи возбуждения должна быть предусмотрена на гидрогенераторах, на турбогенераторах с

водяным охлаждением обмотки ротора и на всех турбогенераторах мощностью 300 МВт и выше. На гидрогенераторах защита должна действовать на отключение, а на турбогенераторах - на сигнал.

Защита от замыканий на землю во второй точке цепи возбуждения турбогенераторов должна быть установлена на блоках мощностью менее 160 МВт в соответствии с пунктом 3.2.48. настоящих Правил.

3.2.85. На блоках с тубогенераторами мощностью 160 МВт и более, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, и с гидрогенераторами следует предусматривать устройства защиты от асинхронного режима с потерей возбуждения.

Указанные устройства рекомендуется применять и на турбогенераторах мощностью менее 160 МВт с непосредственным охлаждением проводников обмоток. На этих турбогенераторах допускается также предусматривать автоматическое выявление асинхронного режима только по отключенному положению устройств автоматического гашения поля (без применения защиты от асинхронного режима).

При переводе в асинхронный режим турбогенератора, потерявшего возбуждение, указанные выше устройства защиты или автоматического гашения поля должны действовать на сигнал о потере возбуждения и производить автоматическое переключение нагрузки собственных нужд с ответвлением блока, генератор которого потерял возбуждение, на резервный источник питания. Все гидрогенераторы и турбогенераторы, не допускающие асинхронного режима, а также остальные турбогенераторы в условиях дефицита реактивной мощности в системе при действии указанных устройств должны отключаться от сети.

3.2.86. При наличии выключателя в цепи генератора с непосредственным охлаждением проводников обмоток следует предусматривать резервирование при отказе этого выключателя (например, применением УРОВ).

3.2.87. УРОВ 110 кВ и выше на электростанциях должно быть выполнено с учетом следующего:

1. Для предотвращения излишнего отключения нескольких блоков резервной защитой при возникновении на одном из них неполнофазного режима в результате отказа выключателя с пофазным приводом при его отключении на электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток, должен быть предусмотрен ускоренный запуск УРОВ (например, от токовой защиты нулевой последовательности трансформатора блока со стороны сети с большим током замыкания на землю).

2. Для электростанций, на которых блоки генератор - трансформатор и линии имеют общие выключатели (например, при применении полуторной схемы или схемы многоугольника), необходимо предусматривать устройство

телеотключения для отключения выключателя и запрета АПВ на противоположном конце линии при действии УРОВ в случае его пуска от защиты блока. Кроме того, следует предусматривать действие УРОВ на останов передатчика высокочастотной защиты.

3.2.88. При действии на отключение защит статора генератора и трансформатора блока от внутренних повреждений, а также защит ротора генератора должно производиться отключение поврежденного элемента от сети, гашение поля генератора и возбuditеля, пуск УРОВ и осуществляться воздействие на технологические защиты.

Если отключение от защиты приводит к обесточиванию нагрузки собственных нужд, присоединенной ответвлением к блоку, защита должна действовать также на отключение выключателей в цепи рабочего источника питания собственных нужд для их перевода на питание от резервного источника с помощью автоматического ввода резерва (далее - АВР).

Резервные защиты генератора и трансформатора блока при внешних повреждениях должны действовать в соответствии с подпунктами 2 - 4. пункта 3.2.80. настоящих Правил.

На тепловых электростанциях с блочной схемой в тепловой части в случаях отключения блока при внутренних повреждениях должен обеспечиваться полный останов блока. При внешних повреждениях, а также при действии защиты в тех случаях, когда может быть быстро восстановлена работа блока, блок должен переводиться в режим холостого хода, если этот режим допускается тепломеханическим оборудованием.

На гидроэлектростанциях при внутренних повреждениях блока кроме отключения блока должен производиться останов агрегата. Действие на останов агрегата допускается осуществлять также при отключении блока в результате внешних повреждений.

3.2.89. На блоках генератор – трансформатор - линия основная защита линии и резервная защита со стороны энергосистемы должны быть выполнены в соответствии с требованиями настоящей главы по защите линий, а со стороны блока функции резервной защиты линии должны выполняться резервными защитами блока.

Защита блока должна быть выполнена согласно приведенным выше требованиям.

Действие защиты блока на отключение выключателя и пуск УРОВ со стороны энергосистемы должно передаваться с помощью двух или трех резервируемых устройств телеотключения по высокочастотному каналу или по проводам связи. Кроме того, рекомендуется предусматривать одновременное действие защиты блока на останов передатчика высокочастотной защиты.

На блоках с турбогенераторами (при блочной схеме в тепловой части) со стороны энергосистемы должно передаваться с помощью устройства телеотключения на противоположный конец линии действие защиты шин (при двойной системе шин) или действие УРОВ (при полуторной схеме или схеме многоугольника) соответственно на перевод блока в режим холостого хода или на гашение поля генератора и останов блока. Кроме того, рекомендуется использовать устройство телеотключения для ускорения гашения поля генератора и отключение собственных нужд при действии резервных защит со стороны энергосистемы.

При неполнофазном отключении выключателя со стороны сети с большим током замыкания на землю должен производиться ускоренный запуск УРОВ так же, как это предусмотрено в подпункте 1, пункта 3.2.87, настоящих Правил.

### **Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 6-10 кВ с изолированной нейтралью**

3.2.90. Для линий в сетях 6-10 кВ с изолированной нейтралью (в том числе и с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор) должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

3.2.91. Защиту от многофазных замыканий следует предусматривать в двухфазном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения.

Защита должна быть выполнена одно-, двух- или трехрелейной в зависимости от требований чувствительности и надежности.

3.2.92. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должна устанавливаться, как правило, двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, а вторая - в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени.

На нереактивированных кабельных линиях с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, токовые отсечки должны быть выполнены без выдержки времени и зона их действия должна быть определена из условия отключения КЗ, сопровождающихся остаточным напряжением на шинах указанных электростанций ниже 0,5-0,6 номинального. Для выполнения указанного условия допускается выполнять защиту неселективной в сочетании с устройствами АПВ или АВР, исправляющими полностью или частично неселективное действие защиты. Допускается устанавливать указанные

отсечки также на линиях, отходящих от шин подстанций и питающих крупные синхронные электродвигатели.

Если на нереактированных кабельных линиях с односторонним питанием, отходящих от шин электростанций, токовые отсечки не могут быть применены по требованиям селективности, то для обеспечения быстрого действия допускается предусматривать защиты по подпункту 2 или 3, пункта 3.2.93. настоящих Правил. Применение этих защит допускается также для рабочих линий собственных нужд тепловых электростанций.

На реактированных линиях, выключатели которых не рассчитаны на отключение КЗ до реактора, токовые отсечки не допускаются.

3.2.93. На одиночных линиях с двусторонним питанием при наличии или отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием (смотри пункт 3.2.92. настоящих Правил), выполняя их при необходимости направленными.

В целях упрощения защит и обеспечения их селективного действия допускается применять автоматическое деление сети на радиальные участки в момент возникновения повреждения с последующим автоматическим ее восстановлением.

Если ненаправленная или направленная токовая ступенчатая защита не обеспечивает требуемых быстрого действия и селективности, допускается предусматривать следующие защиты:

- 1) дистанционную защиту в простейшем исполнении,
- 2) поперечную дифференциальную токовую защиту (для сдвоенных кабельных линий);
- 3) продольную дифференциальную токовую защиту для коротких участков линий; при необходимости прокладки специального кабеля только для продольной дифференциальной защиты длина его должна быть не более 3 км.

Для защит, указанных в подпунктах 2 и 3, в качестве резервной защиты следует предусматривать токовую защиту.

3.2.94. При выполнении защиты параллельных линий 6-10 кВ следует руководствоваться указаниями для параллельных линий в сетях 35 кВ (смотри пункт 3.2.103. настоящих Правил).

3.2.95. Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена в виде:

- селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на сигнал;
- селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на отключение, когда это необходимо по требованиям



безопасности; защита должна быть установлена на питающих элементах во всей электрически связанной сети;

устройства контроля изоляции; при этом отыскание поврежденного элемента должно осуществляться специальными устройствами; допускается отыскание поврежденного элемента поочередным отключением присоединений.

3.2.96. Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена, как правило, с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности. Защита в первую очередь должна реагировать на установившиеся замыкания на землю; допускается также применение устройств, регистрирующих кратковременные замыкания, без обеспечения повторности действия.

Защита от однофазных замыканий на землю, действующая на отключение без выдержки времени по требованиям безопасности (смотри пункт 3.2.95. настоящих Правил), должна отключать только элемент, питающий поврежденный участок; при этом в качестве резервной должна быть предусмотрена защита, выполняемая в виде защиты нулевой последовательности с выдержкой времени не более 0,5 с, действующая на отключение всей электрически связанной сети - системы (секции) шин или питающего трансформатора.

Увеличение тока промышленной частоты специально для обеспечения действия защиты в сети с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор (например, с помощью расстройки реактора), как правило, не допускается предусматривать.

### **Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью**

3.2.97. Для линий в сетях 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

3.2.98. Защиту от многофазных замыканий следует предусматривать в двухфазном двухрелейном исполнении и включать в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения. В целях повышения чувствительности к повреждениям за трансформаторами с соединением обмоток звезда - треугольник допускается выполнение трехрелейной защиты.

Защиту от однофазных замыканий на землю следует выполнять, как правило, с действием на сигнал. Для осуществления защиты допускается использовать устройство контроля изоляции.

3.2.99. При выборе типа основной защиты следует учитывать требования обеспечения устойчивости работы энергосистемы и надежной работы потребителя аналогично тому, как это учитывается для защиты линий напряжением 110 кВ (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил).

3.2.100. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий должны быть установлены преимущественно ступенчатые защиты тока или ступенчатые защиты тока и напряжения, а если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстроты отключения повреждения (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил), например на головных участках, - дистанционная ступенчатая защита преимущественно с пуском по току. В последнем случае в качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени. Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, в целях упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

3.2.101. На одиночных линиях, имеющих питание с двух и более сторон (последнее - на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием (смотри пункт 3.2.100. настоящих Правил), выполняя их при необходимости направленными, а дистанционные - с пуском от реле сопротивления. При этом допускается неселективное отключение смежных элементов при КЗ в "мертвой" зоне по напряжению реле направления мощности, когда токовая отсечка, используемая в качестве дополнительной защиты (смотри пункт 3.2.100. настоящих Правил), не устанавливается, например, из-за недостаточной ее чувствительности. Защита устанавливается, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

3.2.102. На коротких одиночных линиях с двусторонним питанием, когда это требуется по условию быстроты действия, допускается применение продольной дифференциальной защиты в качестве основной. При этом длина кабеля, прокладываемого специально для этой защиты, не должна превышать 4 км. Для контроля исправности вспомогательных проводов защиты следует предусматривать специальные устройства. В дополнение к продольной дифференциальной защите в качестве резервной должна быть применена одна из защит по пункту 3.2.101. настоящих Правил.

3.2.103. На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием могут быть использованы те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях (смотри пункты 3.2.100. и 3.2.101. настоящих Правил).

Для ускорения отключения повреждения, особенно при использовании токовых ступенчатых защит или ступенчатых защит тока и напряжения, на линиях с двусторонним питанием может быть применена дополнительно защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой направленной защиты или только в виде цепи ускорения установленных защит (максимальной токовой, дистанционной) с контролем направления мощности в параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, как правило, должна быть использована поперечная дифференциальная направленная защита.

3.2.104. Если защита по пункту 3.2.103. настоящих Правил не удовлетворяет требованиям быстродействия (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил), а защита с контролем направления мощности в параллельной линии неприменима или нежелательна, в качестве основной защиты (при работе двух параллельных линий) на двух параллельных линиях с двусторонним питанием и на питающем конце двух параллельных линий с односторонним питанием следует применять поперечную дифференциальную направленную защиту.

При этом в режиме работы одной линии, а также в качестве резервной при работе двух линий следует использовать ступенчатую защиту по пунктам 3.2.100 и 3.2.101. настоящих Правил. Допускается включение этой защиты или отдельных ее ступеней на сумму токов обеих линий (например, резервной ступени в целях увеличения ее чувствительности к повреждениям на смежных элементах). Допускается также использование поперечной дифференциальной направленной защиты в дополнение к ступенчатым токовым защитами для уменьшения времени отключения повреждения на защищаемых линиях, если по условию быстроты действия (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил) ее установка не обязательна.

В отдельных случаях на коротких параллельных линиях допускается применение продольной дифференциальной защиты (смотри пункт 3.2.102. настоящих Правил).

## Защита воздушных линий в сетях напряжением 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью

3.2.105. Для линий в сетях 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от замыканий на землю.

3.2.106. Защиты должны быть оборудованы устройствами, блокирующими их действие при качаниях, если в сети возможны качания или асинхронный ход, при которых вероятны излишние срабатывания защиты. Допускается выполнение защиты без блокирующих устройств, если она отстроена от качаний по времени (около 1,5-2 с).

3.2.107. Для линий 500 кВ в качестве основной должна быть предусмотрена защита, действующая без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка.

Для линий напряжением 110-220 кВ вопрос о типе основной защиты, в том числе о необходимости применения защиты, действующей без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка, должен решаться в первую очередь с учетом требования сохранения устойчивости работы энергосистемы. При этом, если по расчетам устойчивости не предъявляются другие, более жесткие требования, может быть принято, что указанное требование, как правило, удовлетворяется, когда трехфазные КЗ, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций ниже  $0,6-0,7U_{ном}$ , отключаются без выдержки времени. Меньшее значение остаточного напряжения ( $0,6 U_{ном}$ ) может быть допущено для линий 110 кВ, менее ответственных линий 220 кВ (в сильно разветвленных сетях, где питание потребителей надежно обеспечивается с нескольких сторон), а также для более ответственных линий 220 кВ в случаях, когда рассматриваемое КЗ не приводит к значительному сбросу нагрузки.

При выборе типа защит, устанавливаемых на линиях 110 - 220 кВ, кроме требования сохранения устойчивости работы энергосистемы должно быть учтено следующее:

1. Повреждения, отключение которых с выдержкой времени, может привести к нарушению работы ответственных потребителей, должны отключаться без выдержки времени (например, повреждения, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций будет ниже  $0,6 U_{ном}$ , если отключение их с выдержкой времени может привести к саморазгрузке вследствие лавины напряжения, или повреждения с остаточным напряжением  $0,6 U_{ном}$  и более, если отключение их с выдержкой времени может привести к нарушению технологии).

2. При необходимости осуществления быстродействующего АПВ на линии должна быть установлена быстродействующая защита, обеспечивающая отключение поврежденной линии без выдержки времени с обеих сторон.

3. При отключении с выдержкой времени повреждений с токами, в несколько раз превосходящими номинальный, возможен недопустимый перегрев проводников.

Допускается применение быстродействующих защит в сложных сетях и при отсутствии изложенных выше условий, если это необходимо для обеспечения селективности.

3.2.108. При оценке обеспечения требований устойчивости, исходя из значений остаточного напряжения по пункту 3.2.107. настоящих Правил, необходимо руководствоваться следующим:

1. Для одиночной связи между электростанциями или энергосистемами указанное в пункте 3.2.107. настоящих Правил остаточное напряжение должно быть проверено на шинах подстанций и электростанций, входящих в данную связь, при КЗ на линиях, отходящих от этих шин, кроме линий, образующих связь; для одиночной связи, содержащей часть участков с параллельными линиями, - также при КЗ на каждой из этих параллельных линий.

2. При наличии нескольких связей между электростанциями или энергосистемами указанное в пункте 3.2.107. настоящих Правил значение остаточного напряжения должно быть проверено на шинах только тех подстанций или электростанций, где соединяются эти связи, при КЗ на связях и на других линиях, питающихся от этих шин, а также на линиях, питающихся от шин подстанций связей.

3. Остаточное напряжение должно быть проверено при КЗ в конце зоны, охватываемой первой ступенью защиты в режиме каскадного отключения повреждения, т. е. после, отключения выключателя с противоположного конца линии защитой без выдержки времени.

3.2.109. На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий следует устанавливать ступенчатые токовые защиты или ступенчатые защиты тока и напряжения. Если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или скорости отключения повреждения (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил), например, на головных участках, или если это целесообразно по условию согласования защит смежных участков с защитой рассматриваемого участка, должна быть предусмотрена ступенчатая дистанционная защита. В последнем случае в качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени. От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой

последовательности. Защита должна быть установлена, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, с целью упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения (от многофазных замыканий) и ступенчатых токовых защит нулевой последовательности (от замыканий на землю) в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

3.2.110. На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон (последнее - на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, от многофазных замыканий должна быть применена дистанционная защита (преимущественно трехступенчатая), используемая в качестве резервной или основной (последнее-только на линиях 110-220 кВ).

В качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени. В отдельных случаях допускается использовать токовую отсечку для действия при ошибочном включении на трехфазную короткую в месте установки защиты, когда токовая отсечка, выполненная для действия в других режимах, не удовлетворяет требованию чувствительности (смотри пункт 3.2.26. настоящих Правил).

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности.

3.2.111. В качестве основной защиты от многофазных замыканий на приспосабливаемом конце головных участков кольцевой сети с одной точкой питания рекомендуется применять одноступенчатую токовую направленную защиту; на других одиночных линиях (преимущественно 110 кВ) допускается в отдельных случаях применять ступенчатые токовые защиты или ступенчатую защиту тока и напряжения, выполняя их в случае необходимости направленными. Защиту следует устанавливать, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

3.2.112. На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, а также на питающем конце параллельных линий с односторонним питанием могут быть использованы те же защиты, что и на соответствующих одиночных линиях (смотри пункты 3.2.109 и 3.2.110. настоящих Правил).

Для ускорения отключения замыканий на землю, а в отдельных случаях и замыканий между фазами на линиях с двусторонним питанием может быть применена дополнительная защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой защиты (с включением реле на ток нулевой последовательности или на фазные токи) или только в виде цепи ускорения

установленных защит (токовой нулевой последовательности, максимальной токовой, дистанционной и т.п.) с контролем направления мощности в параллельных линиях.

С целью повышения чувствительности защиты нулевой последовательности допускается предусматривать выведение из работы отдельных ее ступеней при отключении выключателя параллельной линии.

На приемном конце двух параллельных линий с односторонним питанием, как правило, должна быть предусмотрена поперечная дифференциальная направленная защита.

3.2.113. Если защита по пункту 3.2.112. настоящих Правил не удовлетворяет требованиям быстродействия (смотри 3.2.108), в качестве основной защиты (при работе двух параллельных линий) на питающем конце двух параллельных линий 110-220 кВ с односторонним питанием и на двух параллельных линиях 110 кВ с двусторонним питанием преимущественно в распределительных сетях может быть применена поперечная дифференциальная направленная защита.

При этом в режиме работы одной линии, а также в качестве резервной при работе двух линий используется защита по пунктам 3.2.109 и 3.2.110. настоящих Правил. Допускается включение этой защиты или отдельных ее ступеней на сумму токов обеих линий (например, последней ступени токовой защиты нулевой последовательности) с целью повышения ее чувствительности к повреждениям на смежных элементах.

Допускается использование поперечной дифференциальной направленной защиты в дополнение к ступенчатым токовым защитами параллельных линий 110 кВ для уменьшения времени отключения повреждения на защищаемых линиях в случаях, когда по условиям быстродействия (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил) ее использование не является обязательным.

3.2.114. Если защита по пунктам 3.2.110-3.2.112 настоящих Правил не удовлетворяет требованию быстродействия (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил), в качестве основных защит одиночных и параллельных линий с двусторонним питанием следует предусматривать высокочастотные и продольные дифференциальные защиты.

Для линий 110-220 кВ рекомендуется осуществлять основную защиту с использованием высокочастотной блокировки дистанционной и токовой направленной нулевой последовательности защит, когда это целесообразно по условиям чувствительности (например, на линиях с ответвлениями) или упрощения защиты.

При необходимости прокладки специального кабеля использование продольной дифференциальной защиты должно быть обосновано технико-экономическим расчетом.

Для контроля исправности вспомогательных проводов защиты должны быть предусмотрены специальные устройства.

На линиях 500 кВ в дополнение к высокочастотной защите следует предусматривать использование устройства передачи отключающего или разрешающего высокочастотного сигнала (для ускорения действия ступенчатой резервной защиты), если это устройство предусмотрено для других целей, а также допускается устанавливать указанное устройство специально для релейной защиты.

Допускается в случаях, когда это требуется по условиям быстродействия (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил) или чувствительности (например, на линиях с ответвлениями), использование передачи отключающего сигнала для ускорения действия ступенчатых защит линий 110-220 кВ.

3.2.115. При выполнении основной защиты по пункту 3.2.114. настоящих Правил в качестве резервных следует применять:

от многофазных КЗ, как правило, дистанционные защиты, преимущественно трехступенчатые:

от замыканий на землю ступенчатые токовые направленные или ненаправленные защиты нулевой последовательности.

На случай длительного выведения из действия основной защиты, указанной в пункте 3.2.114. настоящих Правил, когда эта защита установлена по требованию быстроты отключения повреждения (смотри пункт 3.2.107. настоящих Правил), допускается предусматривать неселективное ускорение резервной защиты от замыканий между фазами (например, с контролем значения напряжения прямой последовательности).

3.2.116. Основные защиты, быстродействующие ступени резервных защит от многофазных замыканий и измерительные органы устройства однофазного автоматического повторного включения (далее - ОАПВ) для линий 500 кВ должны быть специального исполнения, обеспечивающего их нормальное функционирование (с заданными параметрами) в условиях интенсивных переходных электромагнитных процессов и значительных емкостных проводимостей линий. Для этого должны быть предусмотрены:

в комплектах защит и измерительных органах ОАПВ - мероприятия, ограничивающие влияние переходных электромагнитных процессов (например, низкочастотные фильтры);

в дифференциально-фазной высокочастотной защите, установленной на линиях длиной более 150 км,- устройства компенсации токов, обусловленных емкостной проводимостью линии.

При включении быстродействующих защит на сумму токов двух или более трансформаторов тока в случае невозможности выполнения требований пункта 3.2.29 настоящих Правил рекомендуется предусматривать специальные



мероприятия для исключения излишнего срабатывания защит при внешних повреждениях (например, заглубление защит) или устанавливать в цепи линии отдельный комплект трансформаторов тока для питания защиты.

В защитах, установленных на линиях 500 кВ, оборудованных устройствами продольной емкостной компенсации, должны быть предусмотрены мероприятия для предотвращения излишнего срабатывания защиты при внешних повреждениях, обусловленного влиянием указанных устройств. Например, могут быть использованы реле направления мощности обратной последовательности или передача разрешающего сигнала.

3.2.117. В случае применения ОАПВ устройства релейной защиты должны быть выполнены так, чтобы:

1) при замыканиях на землю одной фазы, а в отдельных случаях и при замыканиях между двумя фазами было обеспечено отключение только одной фазы (с последующим ее автоматическим повторным включением);

2) при неуспешном повторном включении на повреждения, указанные в под-пункте 1, производилось отключение одной или трех фаз в зависимости от того, предусматривается длительный неполнофазный режим работы линии или не предусматривается;

3) при других видах повреждения защита действовала на отключение трех фаз.

#### **Защита шин. Защита на обходном, шиносоединительном и секционном выключателях**

3.2.118. Для сборных шин 110 кВ и выше электростанций и подстанций отдельные устройства релейной защиты должны быть предусмотрены:

1) для двух систем шин (двойная система шин, полуторная схема и др.) и одиночной секционированной системы шин;

2) для одиночной несекционированной системы шин, если отключение повреждений на шинах действием защит присоединенных элементов недопустимо по условиям, которые аналогичны приведенным в пункте 3.2.107. настоящих Правил, или если на линиях, питающих рассматриваемые шины, имеются ответвления.

3.2.119. Для сборных шин 35 кВ электростанций и подстанций отдельные устройства релейной защиты должны быть предусмотрены:

по условиям, приведенным в пункте 3.2.107. настоящих Правил;

для двух систем или секций шин, если при использовании для их разделения защиты, установленной на шиносоединительном (секционном) выключателе, или защит, установленных на элементах, которые питают данные

шины, не удовлетворяются требования надежности питания потребителей (с учетом возможностей, обеспечиваемых устройствами АПВ и АВР).

3.2.120. В качестве защиты сборных шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше следует предусматривать, как правило, дифференциальную токовую защиту без выдержки времени, охватывающую все элементы, которые присоединены к системе или секции шин. Защита должна осуществляться с применением специальных реле тока, отстроенных от переходных и установившихся токов небаланса (например, реле, включенных через насыщающиеся трансформаторы тока, реле с торможением).

При присоединении трансформатора (автотрансформатора) 500 кВ и выше более чем через один выключатель рекомендуется предусматривать дифференциальную токовую защиту ошиновки.

Для особо ответственных распределительных устройств напряжением 500 кВ, где отказ единственной защиты шин может привести к крайне тяжелым последствиям, предусматривается дублирование быстродействующих защит шин и ошиновок.

3.2.121. Для двойной системы шин электростанций и подстанций 35 кВ и выше с одним выключателем на присоединенный элемент дифференциальная защита должна быть предусмотрена в исполнении для фиксированного распределения элементов.

В защите шин 110 кВ и выше следует предусматривать возможность изменения фиксации при переводе присоединения с одной системы шин на другую на рядах зажимов.

3.2.122. Дифференциальная защита, указанная в пунктах 3.2.120 и 3.2.121. настоящих Правил должна быть выполнена с устройством контроля исправности вторичных цепей задействованных трансформаторов тока, действующим с выдержкой времени на вывод защиты из работы и на сигнал.

3.2.123. Для секционированных шин 6-10 кВ электростанций должна быть предусмотрена двухступенчатая неполная дифференциальная защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки по току и напряжению или дистанционной защиты, а вторая - в виде максимальной токовой защиты. Защита должна действовать, на отключение питающих элементов и трансформатора собственных нужд.

Если при указанном выполнении второй ступени защиты не обеспечивается требуемая чувствительность при КЗ в конце питаемых реактированных линий (нагрузка на шинах генераторного напряжения большая, выключатели питаемых линий установлены за реакторами), следует выполнять ее в виде отдельных комплектов максимальных токовых защит с пуском или без пуска напряжения, устанавливаемых в цепях реакторов. действие этих комплектов на отключение питающих элементов должно контролироваться дополнительным

устройством, срабатывающим при возникновении КЗ. При этом на секционном выключателе должна быть предусмотрена защита (предназначенная для ликвидации повреждений между реактором и выключателем), вводимая в действие при отключении этого выключателя. При выделении части питающих элементов на резервную систему шин должна быть предусмотрена неполная дифференциальная защита шин в исполнении для фиксированного распределения элементов.

Если возможны частые режимы работы с разделением питающих элементов на разные системы шин, допускается предусматривать отдельные дистанционные защиты, устанавливаемые на всех питающих элементах, кроме генераторов.

3.2.124. Для секционированных шин 6-10 кВ электростанций с генераторами мощностью 12 МВт и менее допускается не предусматривать специальную защиту; при этом ликвидация КЗ на шинах должна осуществляться действием максимальных токовых защит генераторов.

3.2.125. Специальные устройства релейной защиты для одиночной секционированной и двойной систем шип 6-10 кВ понижающих подстанций, как правило, не следует предусматривать, а ликвидация КЗ на шинах должна осуществляться действием защит трансформаторов от внешних КЗ и защит, установленных на секционном или шиносоединительном выключателе. В целях повышения чувствительности и ускорения действия защиты шин мощных подстанций допускается применять защиту, включенную на сумму токов питающих элементов. При наличии реакторов на линиях, отходящих от шин подстанций, допускается защиту шин выполнять по аналогии с защитой шин электростанций.

3.2.126. При наличии трансформаторов тока, встроенных в выключатели, для дифференциальной защиты шин и для защит присоединений, отходящих от этих шин, должны быть использованы трансформаторы тока, размещенные с разных сторон выключателя, чтобы повреждения в выключателе входили в зоны действия этих защит.

Если выключатели не имеют встроенных трансформаторов тока, то в целях экономии следует предусматривать выносные трансформаторы тока только с одной стороны выключателя и устанавливать их по возможности так, чтобы выключатели входили в зону действия дифференциальной защиты шин. При этом в защите двойной системы шин с фиксированным распределением элементов должно быть предусмотрено использование двух сердечников трансформаторов тока в цепи шиносоединительного выключателя.

При применении отдельных дистанционных защит в качестве защиты шин трансформаторы тока этих защит в цепи секционного выключателя должны быть установлены между секцией шин и реактором.

3.2.127. Защиту шин следует выполнять так, чтобы при опробовании поврежденной системы или секции шин обеспечивалось селективное отключение системы (секции) без выдержки времени.

3.2.128. На обходном выключателе 110 кВ и выше при наличии шиносоединительного (секционного) выключателя должны быть предусмотрены защиты (используемые при проверке и ремонте защиты, выключателя и трансформаторов тока любого из элементов, присоединенных к шинам):

трехступенчатая дистанционная защита и токовая отсечка от многофазных КЗ;

четырёхступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности от замыкания на землю.

При этом на шиносоединительном (секционном) выключателе должны быть предусмотрены защиты (используемые для разделения систем или секций шин при отсутствии УРОВ или выведении его или защиты шин из действия, а также для повышения эффективности дальнего резервирования):

двухступенчатая токовая защита от многофазных КЗ;

трехступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю.

Допускается установка более сложных защит на шиносоединительном (секционном) выключателе, если это требуется для повышения эффективности дальнего резервирования.

На шиносоединительном (секционного) выключателе 110 кВ и выше, предназначенном и для выполнения функции обходного выключателя, должны быть предусмотрены те же защиты, что на обходном и шиносоединительном (секционном) выключателях при их раздельном исполнении.

Рекомендуется предусматривать перевод основных быстродействующих защит линий 110 кВ и выше на обходной выключатель.

На шиносоединительном (секционном) выключателе 6-35 кВ должна быть предусмотрена двухступенчатая токовая защита от многофазных КЗ.

3.2.129. Отдельную панель защиты, предназначенную специально для использования вместо выводимой на проверку защиты линии, следует предусматривать при схемах электрических соединений, в которых отсутствует обходной выключатель (например, четырехугольник, полуторная схема и т. п.); такую отдельную панель защиты следует предусматривать для линий 220 кВ, не имеющих отдельной основной защиты; для линий 500 кВ.

Допускается предусматривать отдельную панель защиты для линий 110 кВ, не имеющих отдельной основной защиты, при схемах электрических соединений “мостик” с выключателями в цепях линий и “многоугольник”, если при проверке защиты линии ликвидировать повреждения на ней в соответствии

с предъявляемыми требованиями более простыми средствами технически невозможно.

### **Защита синхронных компенсаторов**

3.2.130. Устройства релейной защиты синхронных компенсаторов следует выполнять аналогично предусматриваемым для турбогенераторов соответствующих мощностей со следующими отличиями:

1. Защита от токов, обусловленных симметричной перегрузкой, действующая на сигнал, должна выводиться на период пуска, если в этом режиме возможно ее действие.

2. Следует предусматривать минимальную защиту напряжения, действующую на отключение выключателя синхронного компенсатора. Напряжение срабатывания защиты должно быть принято равным  $0,1-0,2 U_{ном}$ , выдержка времени - около 10 с.

3. Должна быть предусмотрена защита, действующая при кратковременном исчезновении питания подстанции (например, в бестоковую паузу АПВ питающей линии). Защита должна выполняться в виде минимальной защиты частоты и действовать на отключение выключателя синхронного компенсатора или на автоматический гаситель поля (далее АГП). Допускается использование защиты, выполненной на других принципах, например реагирующей на скорость снижения частоты.

4. На синхронных компенсаторах мощностью 50 Мвар и более следует предусматривать защиту от потери возбуждения (снижения тока возбуждения ниже допустимого предела) с действием на отключение синхронного компенсатора или на сигнал. Для синхронных компенсаторов, на которых предусматривается возможность перевода на режим работы с отрицательным током ротора, эту защиту допускается не применять.

5. Для синхронного компенсатора, работающего в блоке с трансформатором, при замыкании на землю в обмотке статора должно быть предусмотрено действие защиты, установленной на стороне низшего напряжения трансформатора.

Если ток замыкания на землю на стороне низшего напряжения трансформатора превышает 5 А, допускается не устанавливать дугогасящий реактор и выполнять защиту с двумя выдержками времени; с меньшей выдержкой времени предусматривается отключение выключателя синхронного компенсатора, а с большей - подача сигнала.

При токе замыкания на землю до 5 А защита должна быть выполнена с одной выдержкой времени и с действием на сигнал. Для синхронных

компенсаторов мощностью 50 Мвар и более должна быть предусмотрена возможность действия защиты на сигнал или на отключение.

3.2.131. На подстанциях без постоянного дежурства персонала защита от перегрузки синхронного компенсатора должна выполняться с независимой выдержкой времени и действовать с меньшей выдержкой времени на сигнал и снижение тока возбуждения, а с большей - на отключение синхронного компенсатора (если предотвращение длительных перегрузок не обеспечивается устройствами автоматического регулирования возбуждения).

3.2.132. Защиту от замыканий на землю в цепи возбуждения синхронного компенсатора следует выполнять так же, как для гидрогенераторов (смотри пункт 3.2.84. настоящих Правил).

### **Глава 3.3. Автоматика и телемеханика**

#### **Область применения. Общие требования**

3.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на автоматические и телемеханические устройства электростанций, энергосистем, сетей и электроснабжения промышленных и других электроустановок, предназначенные для осуществления:

- 1) АПВ линий или фаз линий, шин и прочих электроустановок после их автоматического отключения;
- 2) АВР резервного питания или оборудования;
- 3) включения синхронных генераторов и синхронных компенсаторов на параллельную работу;
- 4) регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности
- 5) регулирования частоты и активной мощности;
- 6) предотвращения нарушений устойчивости;
- 7) прекращения асинхронного режима;
- 8) ограничения снижения частоты;
- 9) ограничения повышения частоты;
- 10) ограничения снижения напряжения;
- 11) ограничения повышения напряжения;
- 12) предотвращения перегрузки оборудования;
- 13) диспетчерского контроля и управления.

Функции устройств по подпунктам 4 - 11 определяются полностью или частично условиями работы энергосистемы в целом. Эти устройства должны проектироваться и эксплуатироваться соответствующими организациями ГАК "Узбекэнерго" или по согласованию с ними.

В энергосистемах и на энергообъектах могут устанавливаться устройства автоматического управления, не охватываемые настоящей главой Правил и регламентируемые другими документами. Действия этих устройств должны быть согласованы между собой, а также с действием устройств и систем, рассматриваемых в данной главе.

В электрических сетях предприятий-потребителей электроэнергии следует применять такие устройства автоматики, которые по возможности не допускают нарушений наиболее ответственных технологических процессов при кратковременных перерывах электроснабжения, обусловленных действием защит и автоматики в сети внешнего и внутреннего электроснабжения (смотри также Главу 5.3. ПУЭ. Раздел V).

### **Автоматическое повторное включение (АПВ)**

3.3.2. Устройства АПВ должны предусматриваться для быстрого восстановления питания потребителей или межсистемных и внутрисистемных связей путем автоматического включения выключателей, отключенных устройствами релейной защиты. Должно предусматриваться автоматическое повторное включение:

1) воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линий всех типов напряжением выше 1 кВ. Отказ от применения АПВ должен быть в каждом отдельном случае обоснован. На кабельных линиях 35 кВ и ниже АПВ рекомендуется применять в случаях, когда оно может быть эффективным в связи со значительной вероятностью повреждений с образованием открытой дуги (например, наличие нескольких промежуточных сборок, питание по одной линии нескольких подстанций), а также с целью исправления неселективного действия защиты. Вопрос о применении АПВ на кабельных линиях 110 кВ и выше должен решаться при проектировании в каждом отдельном случае с учетом конкретных условий;

2) шин электростанций и подстанций (смотри пункты 3.3.24 и 3.3.25. настоящих Правил);

3) трансформаторов (смотри пункт 3.3.26. настоящих Правил);

4) ответственных электродвигателей, отключаемых для обеспечения самозапуска других электродвигателей (смотри пункт 3.3.38. настоящих Правил).

Для осуществления АПВ по подпунктам 1 - 3 должны также предусматриваться устройства АПВ на обходных, шиносоединительных и секционных выключателях.

Допускается в целях экономии аппаратуры выполнение устройства группового АПВ на линиях, в первую очередь кабельных, и других

присоединениях 6-10 кВ. При этом следует учитывать недостатки устройства группового АПВ, например возможность отказа в случае, если после отключения выключателя одного из присоединений отключение выключателя другого присоединения происходит до возврата устройства АПВ в исходное положение.

3.3.3. Устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы они не действовали при:

- 1) отключении выключателя персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;
- 2) автоматическом отключении от релейной защиты непосредственно после включения персоналом дистанционно или при помощи телеуправления;
- 3) отключении выключателя защитой от внутренних повреждений трансформаторов и вращающихся машин, устройствами противоаварийной автоматики, а также в других случаях отключений выключателя, когда действие АПВ недопустимо. АПВ после действия автоматической частотной разгрузки (далее - АЧР) или включением питания отключенных потребителей при восстановлении частоты (далее - ЧАПВ) должно выполняться в соответствии с пунктом 3.3.81. настоящих Правил

Устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы была исключена возможность многократного включения на КЗ при любой неисправности в схеме устройства.

Устройства АПВ должны выполняться с автоматическим возвратом.

3.3.4. При применении АПВ должно, как правило, предусматриваться ускорение действия релейной защиты на случай неуспешного АПВ. Ускорение действия релейной защиты после неуспешного АПВ выполняется с помощью устройства ускорения после включения выключателя, которое, как правило, должно использоваться и при включении выключателя по другим причинам (от ключа управления, телеуправления или устройства АВР). При ускорении защиты после включения выключателя должны быть приняты меры против возможного отключения выключателя защитой под действием толчка тока при включении и из-за одновременного включения фаз выключателя.

Не следует ускорять защиты после включения выключателя, когда линия уже включена под напряжением другим своим выключателем (т. е. при наличии симметричного напряжения на линии).

Допускается не ускорять после АПВ действие защит линий 35 кВ и ниже, выполненных на переменном оперативном токе, если для этого требуется значительное усложнение защит и время их действия при металлическом КЗ вблизи места установки не превосходит 1,5 с.

3.3.5. Устройства трехфазного АПВ (далее - ТАПВ) должны осуществляться преимущественно с пуском при несоответствии между ранее поданной



оперативной командой и отключенным положением выключателя; допускается также пуск устройства АПВ от защиты.

3.3.6. Могут применяться, как правило, устройства ТАПВ однократного или двукратного действия (последнее - если это допустимо по условиям работы выключателя). Устройство ТАПВ двукратного действия рекомендуется принимать для воздушных линий, в особенности для одиночных с односторонним питанием. В сетях 35 кВ и ниже устройства ТАПВ двукратного действия рекомендуется применять в первую очередь для линий, не имеющих резервирования по сети.

В сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, как правило, должна применяться блокировка второго цикла АПВ в случае замыкания на землю после АПВ первого цикла (например, по наличию напряжений нулевой последовательности). Выдержка времени ТАПВ во втором цикле должна быть не менее 15-20 с.

3.3.7. Для ускорения восстановления нормального режима работы электропередачи выдержка времени устройства ТАПВ (в особенности для первого цикла АПВ двукратного действия на линиях с односторонним питанием) должна приниматься минимально возможной с учетом времени погасания дуги и деионизации среды в месте повреждения, а также с учетом времени готовности выключателя и его привода к повторному включению.

Выдержка времени устройства ТАПВ на линии с двусторонним питанием должна выбираться также с учетом возможного неодновременного отключения повреждения с обоих концов линии; при этом время действия защит, предназначенных для дальнего резервирования, учитываться не должно. Допускается не учитывать разновременности отключения выключателей по концам линии, когда они отключаются в результате срабатывания высокочастотной защиты.

С целью повышения эффективности ТАПВ однократного действия допускается увеличивать его выдержку времени (по возможности с учетом работы потребителя).

3.3.8. На одиночных линиях 110 кВ и выше с односторонним питанием, для которых допустим в случае неуспешного ТАПВ переход на длительную работу двумя фазами, следует предусматривать ТАПВ двукратного действия на питающем конце линии. Перевод линии на работу двумя фазами может производиться персоналом на месте или при помощи телеуправления.

Для перевода линии после неуспешного АПВ на работу двумя фазами следует предусматривать пофазное управление разъединителями или выключателями на питающем и приемном концах линии.

При переводе линии на длительную работу двумя фазами следует при необходимости принимать меры к уменьшению ломех в работе линий связи из-

за неполнофазного режима работы линии. С этой целью допускается ограничение мощности, передаваемой по линии в неполнофазном режиме (если это возможно по условиям работы потребителя).

В отдельных случаях при наличии специального обоснования допускается также перерыв в работе линии связи на время неполнофазного режима.

3.3.9. На линиях, отключение которых не приводит к нарушению электрической связи между генерирующими источниками, например на параллельных линиях с односторонним питанием, следует устанавливать устройства ТАПВ без проверки синхронизма.

3.3.10. На одиночных линиях с двусторонним питанием (при отсутствии шунтирующих связей) должен предусматриваться один из следующих видов трехфазного АПВ (или их комбинаций):

- а) быстродействующее ТАПВ (далее - БАПВ);
- б) несинхронное ТАПВ (далее - НАПВ);
- в) ТАПВ с улавливанием синхронизма (далее ТАПВ УС).

Кроме того, может предусматриваться однофазное АПВ (далее - ОАПВ) в сочетании с различными видами ТАПВ, если выключатели оборудованы пофазным управлением и не нарушается устойчивость параллельной работы частей энергосистемы в цикле ОАПВ.

Выбор видов АПВ производится, исходя из совокупности конкретных условий работы системы и оборудования с учетом указаний пунктов 3.3.11-3.3.15. настоящих Правил

3.3.11. Быстродействующее АПВ, или БАПВ (одновременное включение с минимальной выдержкой времени с обоих концов), рекомендуется предусматривать на линиях по пункту 3.3.10. настоящих Правил для автоматического повторного включения, как правило, при небольшом расхождении угла между векторами электро движущей силы (далее ЭДС) соединяемых систем. БАПВ может применяться при наличии выключателей, допускающих БАПВ, если после включения обеспечивается сохранение синхронной параллельной работы систем и максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на выводах машины.

Оценка максимального электромагнитного момента должна производиться для предельно возможного расхождения угла за время БАПВ. Соответственно запуск БАПВ должен производиться лишь при срабатывании быстродействующей защиты, зона действия которой охватывает всю линию. БАПВ должно блокироваться при срабатывании резервных защит и блокироваться или задерживаться при работе УРОВ.

Если для сохранения устойчивости энергосистемы при неуспешном БАПВ требуется большой объем воздействий от противоаварийной автоматики, применение БАПВ не рекомендуется.

3.3.12. Несинхронное АПВ (далее - НАПВ) может применяться на линиях по пункту 3.3.10 настоящих Правил (в основном 110-220 кВ), если:

а) максимальный электромагнитный момент синхронных генераторов и компенсаторов, возникающий при несинхронном включении, меньше (с учетом необходимого запаса) электромагнитного момента, возникающего при трехфазном КЗ на выводах машины, при этом в качестве практических критериев оценки допустимости НАПВ принимаются расчетные начальные значения периодических составляющих токов статора при угле включения  $180^\circ$ ;

б) максимальный ток через трансформатор (автотрансформатор) при угле включения  $180^\circ$  меньше тока КЗ на его выводах при питании от шин бесконечной мощности;

в) после АПВ обеспечивается достаточно быстрая ресинхронизация; если в результате несинхронного автоматического повторного включения возможно возникновение длительного асинхронного хода, должны применяться специальные мероприятия для его предотвращения или прекращения.

При соблюдении этих условий НАПВ допускается применять также в режиме ремонта на параллельных линиях.

При выполнении НАПВ необходимо принять меры по предотвращению излишнего срабатывания защиты. С этой целью рекомендуется, в частности, осуществлять включение выключателей при НАПВ в определенной последовательности, например выполнением АПВ с одной из сторон линии с контролем наличия напряжения на ней после успешного ТАПВ с противоположной стороны.

3.3.13. АПВ с улавливанием синхронизма может применяться на линиях по пункту 3.3.10. настоящих Правил для включения линии при значительных (примерно до 4%) скольжениях и допустимом угле.

Возможно также следующее выполнение АПВ. На конце линии, который должен включаться первым, производится ускоренное ТАПВ (с фиксацией срабатывания быстродействующей защиты, зона действия которой охватывает всю линию) без контроля напряжения на линии (далее УТАПВ БК) или ТАПВ с контролем отсутствия напряжения на линии (далее - ТАПВ ОН), а на другом ее конце - ТАПВ с улавливанием синхронизма. Последнее производится при условии, что включение первого конца было успешным (это может быть определено, например, при помощи контроля наличия напряжения на линии).

Для улавливания синхронизма могут применяться устройства, построенные по принципу синхронизатора с постоянным углом опережения.

Устройства АПВ следует выполнять так, чтобы имелась возможность изменять очередность включения выключателей по концам линии.

При выполнении устройства АПВ УС необходимо стремиться к обеспечению его действия при возможно большей разности частот. Максимальный допустимый угол включения при применении АПВ УС должен приниматься с учетом условий, указанных в пункте 3.3.12. настоящих Правил. При применении устройства АПВ УС рекомендуется его использование для включения линии персоналом (полуавтоматическая синхронизация).

3.3.14. На линиях, оборудованных трансформаторами напряжения, для контроля отсутствия напряжения (далее - КОН) и контроля наличия напряжения (далее КНН) на линии при различных видах ТАПВ рекомендуется использовать органы, реагирующие на линейное (фазное) напряжение и на напряжения обратной и нулевой последовательностей. В некоторых случаях, например на линиях без шунтирующих реакторов, можно не использовать напряжение нулевой последовательности.

3.3.15. Однофазное автоматическое повторное включение (далее - ОАПВ) может применяться только в сетях с большим током замыкания на землю. ОАПВ без автоматического перевода линии на длительный неполнофазный режим при устойчивом повреждении фазы следует применять :

а) на одиночных сильно нагруженных межсистемных или внутрисистемных линиях электропередачи;

б) на сильно нагруженных межсистемных линиях 220 кВ и выше с двумя и более обходными связями при условии, что отключение одной из них может привести к нарушению динамической устойчивости энергосистемы;

в) на межсистемных и внутрисистемных линиях разных классов напряжения, если трехфазное отключение линии высшего напряжения может привести к недопустимой перегрузке линий низшего напряжения с возможностью нарушения устойчивости энергосистемы;

г) на линиях, связывающих с системой крупные блочные электростанции без значительной местной нагрузки;

д) на линиях электропередачи, где осуществление ТАПВ сопряжено со значительным сбросом нагрузки вследствие понижения напряжения.

Устройство ОАПВ должно выполняться так, чтобы при выводе его из работы или исчезновении питания автоматически осуществлялся перевод действия защит линии на отключение трех фаз помимо устройства.

Выбор поврежденных фаз при КЗ на землю должен осуществляться при помощи избирательных органов, которые могут быть также использованы в качестве дополнительной быстродействующей защиты линии в цикле ОАПВ, при ТАПВ, БАПВ и одностороннем включении линии оперативным персоналом.

Выдержка времени ОАПВ должна отстраиваться от времени погасания дуги и деионизации среды в месте однофазного КЗ в неполнофазном режиме с учетом возможности одновременного срабатывания защиты по концам линии, а также каскадного действия избирательных органов.

3.3.16. На линиях по пункту 3.3.15. настоящих Правил ОАПВ должно применяться в сочетании с различными видами ТАПВ. При этом должна быть предусмотрена возможность запрета ТАПВ во всех случаях ОАПВ или только при неуспешном ОАПВ. В зависимости от конкретных условий допускается осуществление ТАПВ после неуспешного ОАПВ. В этих случаях предусматривается действие ТАПВ сначала на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения на линии и с увеличенной выдержкой времени.

3.3.17. На одиночных линиях с двусторонним питанием, связывающих систему с электростанцией небольшой мощности, могут применяться ТАПВ с автоматической самосинхронизацией (далее - АПВС) гидрогенераторов для гидроэлектростанций и ТАПВ в сочетании с делительными устройствами - для гидро- и теплоэлектростанций.

3.3.18. На линиях с двусторонним питанием при наличии нескольких обходных связей следует применять:

1) при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, если вероятно одновременное длительное отключение двух из этих связей (например, двухцепной линии);

несинхронное АПВ (в основном для линий 110-220 кВ и при соблюдении условий, указанных в пункте 3.3.12. настоящих Правил, но для случая отключения всех связей);

АПВ с проверкой синхронизма (при невозможности выполнения несинхронного АПВ по причинам, указанным в пункте 3.3.12. настоящих Правил, но для случая отключения всех связей).

Для ответственных линий при наличии двух связей, а также при наличии трех связей, две из которых - двухцепная линия, при невозможности применения НАПВ по причинам, указанным в пункте 3.3.12. настоящих Правил, разрешается применять устройства ОАПВ, БАПВ или АПВ УС (смотри пункты 3.3.11, 3.3.13, 3.3.15. настоящих Правил). При этом устройства ОАПВ и БАПВ следует дополнять устройством АПВ с проверкой синхронизма:

2) при наличии четырех и более связей, а также при наличии трех связей, если в последнем случае одновременное длительное отключение двух из этих связей маловероятно (например, если все линии одноцепные), - АПВ без проверки синхронизма.

3.3.19. Устройства АПВ с проверкой синхронизма следует выполнять на одном конце линии с контролем отсутствия напряжения на линии и с контролем наличия синхронизма, на другом конце - только с контролем

наличия синхронизма. Схемы устройства АПВ с проверкой синхронизма линии должны выполняться одинаковыми на обоих концах с учетом возможности изменения очередности включения выключателей линии при АПВ.

Рекомендуется использовать устройство АПВ с проверкой синхронизма для проверки синхронизма соединяемых систем при включении линии персоналом.

3.3.20. Допускается совместное применение нескольких видов трехфазного АПВ на линии, например БАПВ и ТАПВ с проверкой синхронизма. Допускается также использовать различные виды устройств АПВ на разных концах линии, например УТАПВ БК (смотри пункт 3.3.13. настоящих Правил) на одном конце линии и ТАПВ с контролем наличия напряжения и синхронизма на другом.

3.3.21. Допускается сочетание ТАПВ с неселективными быстродействующими защитами для исправления неселективного действия последних. В сетях, состоящих из ряда последовательно включенных линий, при применении для них неселективных быстродействующих защит для исправления их действия рекомендуется применять поочередное АПВ; могут также применяться устройства АПВ с ускорением защиты до АПВ или с критностью действия (не более трех), возрастающей по направлению к источнику питания.

3.3.22. При применении трехфазного однократного АПВ линий, питающих трансформаторы, со стороны высшего напряжения которых устанавливаются короткозамыкатели и отделители, для отключения отделителя в бестоковую паузу время действия устройства АПВ должно быть отстроено от суммарного времени включения короткозамыкателя и отключения отделителя. При применении трехфазного АПВ двукратного действия (смотри пункт 3.3.6. настоящих Правил) время действия АПВ в первом цикле по указанному условию не должно увеличиваться, если отключение отделителя предусматривается в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

Для линий, на которых вместо выключателей устанавливаются отделители, отключение отделителей в случае неуспешного АПВ в первом цикле должно производиться в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

3.3.23. Если в результате действия АПВ возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если такое включение для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения следует предусматривать автоматическое отключение этих синхронных машин при исчезновении питания или переводить их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АПВ.

Для подстанций с синхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями должны применяться меры, предотвращающие излишние срабатывания АЧР при действии АПВ.

3.3.24. АПВ шин электростанций и подстанций при наличии специальной защиты шин и выключателей, допускающих АПВ, должно выполняться по одному из двух вариантов:

1) автоматическим опробованием (постановка шин под напряжение выключателем от АПВ одного из питающих элементов);

2) автоматической сборкой схемы; при этом первым от устройства АПВ включается один из питающих элементов (например, линия, трансформатор), при успешном включении этого элемента производится последующее, возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима путем включения других элементов. АПВ шин по этому варианту рекомендуется применять в первую очередь для подстанций без постоянного дежурства персонала.

При выполнении АПВ шин должны применяться меры, исключающие несинхронное включение (если оно является недопустимым).

Должна обеспечиваться достаточная чувствительность защиты шин на случай неуспешного АПВ.

3.3.25. На двухтрансформаторных понижающих подстанциях при раздельной работе трансформаторов, как правило, должны предусматриваться устройства АПВ шин среднего и низшего напряжений в сочетании с устройствами АВР; при внутренних повреждениях трансформаторов должно действовать АВР, при прочих повреждениях - АПВ (смотри пункт 3.3.42. настоящих Правил).

Допускается для двухтрансформаторной подстанции, в нормальном режиме которой предусматривается параллельная работа трансформаторов на шинах данного напряжения, устанавливать дополнительно к устройству АПВ устройство АВР, предназначенное для режима, когда один из трансформаторов выведен в резерв.

3.3.26. Устройствами АПВ должны быть оборудованы все одиночные понижающие трансформаторы мощностью более 1 МВА на подстанциях энергосистем, имеющие выключатель и максимальную токовую защиту с питающей стороны, когда отключение трансформатора приводит к обесточению электроустановок потребителей. Допускается в отдельных случаях действие АПВ и при отключении трансформатора защитой от внутренних повреждений.

3.3.27. При неуспешном АПВ включаемого первым выключателем элемента, присоединенного двумя или более выключателями, АПВ остальных выключателей этого элемента, как правило, должно запрещаться.

3.3.28. При наличии на подстанции или электростанции выключателей с электромагнитным приводом, если от устройства АПВ могут быть одновременно включены два или более выключателей, для обеспечения необходимого уровня напряжения аккумуляторной батареи при включении и для снижения сечения кабелей цепей питания электромагнитов включения следует, как правило, выполнять АПВ так, чтобы одновременное включение нескольких выключателей было исключено (например, применением на присоединениях АПВ с различными выдержками времени).

Допускается в отдельных случаях (преимущественно при напряжении 110 кВ и большом числе присоединений, оборудованных АПВ) одновременное включение от АПВ двух выключателей.

3.3.29. Действие устройств АПВ должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний или другими устройствами аналогичного назначения.

### **Автоматическое включение резервного питания и оборудования (АВР)**

3.3.30. Устройства АВР должны предусматриваться для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания при отключении рабочего источника питания, приводящем к обесточению электроустановок потребителя. Устройства АВР должны предусматриваться также для автоматического включения резервного оборудования при отключении рабочего оборудования, приводящем к нарушению нормального технологического процесса.

Устройства АВР также рекомендуется предусматривать, если при их применении возможно упрощение релейной защиты, снижение токов КЗ и удешевление аппаратуры за счет замены кольцевых сетей радиально-секционированными и т. п.

Устройства АВР могут устанавливаться на трансформаторах, линиях, секционных и шиносоединительных выключателях, электродвигателях и т. п.

3.3.31. Устройство АВР, как правило, должно обеспечивать возможность его действия при исчезновении напряжения на шинах питаемого элемента, вызванном любой причиной, в том числе КЗ на этих шинах (последнее - при отсутствии АПВ шин, смотри также пункт 3.3.42. настоящих Правил).

3.3.32. Устройство АВР при отключении выключателя рабочего источника питания должно включать, как правило, без дополнительной выдержки времени, выключатель резервного источника питания (смотри также пункт 3.3.41 настоящих Правил). При этом должна быть обеспечена однократность действия устройства.



3.3.33. Для обеспечения действия АВР при обесточении питаемого элемента в связи с исчезновением напряжения со стороны питания рабочего источника, а также при отключении выключателя с приемной стороны (например, для случаев, когда релейная защита рабочего элемента действует только на отключение выключателей со стороны питания) в схеме АВР в дополнение к указанному в пункте 3.3.32. настоящих Правил должен предусматриваться пусковой орган напряжения. Указанный пусковой орган при исчезновении напряжения на питаемом элементе и при наличии напряжения со стороны питания резервного источника должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания с приемной стороны. Пусковой орган напряжения АВР не должен предусматриваться, если рабочий и резервный элементы имеют один источник питания.

3.3.34. Для трансформаторов и линий малой протяженности с целью ускорения действия АВР целесообразно выполнять релейную защиту с действием на отключение не только выключателя со стороны питания, но и выключателя с приемной стороны. С этой же целью в наиболее ответственных случаях (например, на собственных нуждах электростанций) при отключении по каким-либо причинам выключателя только со стороны питания должно быть обеспечено немедленное отключение выключателя с приемной стороны по цепи блокировки.

3.3.35. Минимальный элемент напряжения пускового органа АВР, реагирующий на исчезновение напряжения рабочего источника, должен быть отстроен от режима самозапуска электродвигателей и от снижения напряжения при удаленных КЗ. Напряжение срабатывания элемента контроля напряжения на шинах резервного источника пускового органа АВР должно выбираться по возможности, исходя из условия самозапуска электродвигателей. Время действия пускового органа АВР должно быть больше времени отключения внешних КЗ, при которых снижение напряжения вызывает срабатывание элемента минимального напряжения пускового органа, и, как правило, больше времени действия АПВ со стороны питания.

Минимальный элемент напряжения пускового органа АВР, как правило, должен быть выполнен так, чтобы исключалась его ложная работа при перегорании одного из предохранителей трансформатора напряжения со стороны обмотки высшего или низшего напряжения; при защите обмотки низшего напряжения автоматическим выключателем при его отключении действие пускового органа должно блокироваться. Допускается не учитывать данное требование при выполнении устройств АВР в распределительных сетях 6-10 кВ, если для этого требуется специальная установка трансформатора напряжения.

3.3.36. Если при использовании пуска АВР по напряжению время его действия может оказаться недопустимо большим (например, при наличии в составе нагрузки значительной доли синхронных электродвигателей), рекомендуется применять в дополнение к пусковому органу напряжения пусковые органы других типов (например, реагирующие на исчезновение тока, снижение частоты, изменение направления мощности и т. п.).

В случае применения пускового органа частоты последний при снижении частоты со стороны рабочего источника питания до заданного значения и при нормальной частоте со стороны резервного питания должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания.

При технологической необходимости может выполняться пуск устройства автоматического включения резервного оборудования от различных специальных датчиков (давления, уровня и т. п.).

3.3.37. Схема устройства АВР источников питания собственных нужд электростанций после включения резервного источника питания взамен одного из отключающихся рабочих источников должна сохранять возможность действия при отключении других рабочих источников питания.

3.3.38. При выполнении устройств АВР следует проверять условия перегрузки резервного источника питания и самозапуска электродвигателей и, если имеет место чрезмерная перегрузка или не обеспечивается самозапуск, выполнить ригоризацию при действии АВР (например, отключение ответственных, и в некоторых случаях и части ответственных электродвигателей; для последних рекомендуется применение АПВ).

3.3.39. При выполнении АВР должна учитываться недопустимость его действия на включение потребителей, отключенных устройствами АЧР. С этой целью должны применяться специальные мероприятия (например, блокировка по частоте); в отдельных случаях при специальном обосновании невозможности выполнения указанных мероприятий допускается не предусматривать АВР.

3.3.40. При действии устройства АВР, когда возможно включение выключателя на КЗ, как правило, должно предусматриваться ускорение действия защиты этого выключателя (смотри также пункт 3.3.4. настоящих Правил). При этом должны быть приняты меры для предотвращения отключений резервного питания по цепи ускорения защиты за счет бросков тока включения.

С этой целью на выключателях источников резервного питания собственных нужд электростанций ускорение защиты должно предусматриваться только в случае, если ее выдержка времени превышает 1-1,2 с; при этом в цепь ускорения должна быть введена выдержка времени около 0,5

с. Для прочих электроустановок значения выдержек времени принимаются, исходя из конкретных условий.

3.3.41. В случаях, если в результате действия АВР возможно несинхронное включение синхронных компенсаторов или синхронных электродвигателей и если оно для них недопустимо, а также для исключения подпитки от этих машин места повреждения следует при исчезновении питания автоматически отключать синхронные машины или переводить их в асинхронный режим отключением АГП с последующим автоматическим включением или ресинхронизацией после восстановления напряжения в результате успешного АВР.

Для предотвращения включения резервного источника от АВР до отключения синхронных машин допускается применять замедление АВР. Если последнее недопустимо для остальной нагрузки, допускается при специальном обосновании отключать от пускового органа АВР линию, связывающую шины рабочего питания с нагрузкой, содержащей синхронные электродвигатели.

Для подстанций с синхронными компенсаторами или синхронными электродвигателями должны применяться меры, предотвращающие неправильную работу АЧР при действии АВР (смотри пункт 3.3.79. настоящих Правил).

3.3.42. С целью предотвращения включения резервного источника питания на КЗ при неявном резерве, предотвращения его перегрузки, облегчения самозапуска, а также восстановления наиболее простыми средствами нормальной схемы электроустановки после аварийного отключения и действия устройств автоматики рекомендуется применять сочетание устройств АВР и АПВ. Устройства АВР должны действовать при внутренних повреждениях рабочего источника, АПВ - при прочих повреждениях.

После успешного действия устройств АПВ или АВР должно, как правило, обеспечиваться возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима (например, для подстанций с упрощенными схемами электрических соединений со стороны высшего напряжения - отключение включенного при действии АВР секционного выключателя на стороне низшего напряжения после успешного АПВ питающей линии).

### **Включение генераторов**

3.3.43. Включение генераторов на параллельную работу должно производиться одним из следующих способов: точной синхронизацией (ручной, полуавтоматической и автоматической) и самосинхронизацией (ручной, полуавтоматической и автоматической).

3.3.44. Способ точной автоматической или полуавтоматической синхронизации как основной способ включения на параллельную работу при нормальных режимах должен предусматриваться для:

турбогенераторов с косвенным охлаждением обмоток мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения, и при значении периодической составляющей переходного тока более  $3,5 I_{ном}$ ;

турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток типов ГВВ, ТВФ, ТГВ и ТВМ;

гидрогенераторов мощностью 50 МВт и более.

При аварийных режимах в электрической системе включение на параллельную работу всех генераторов вне зависимости от системы охлаждения и мощности может производиться способом самосинхронизации.

3.3.45. Способ самосинхронизации как основной способ включения на параллельную работу может предусматриваться для:

турбогенераторов мощностью до 3 МВт;

турбогенераторов с косвенным охлаждением мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины, если периодическая составляющая переходного тока при включении в сеть способом самосинхронизации не превышает  $3,5 I_{ном}$ ;

турбогенераторов с косвенным охлаждением, работающих в блоке с трансформаторами;

гидрогенераторов мощностью до 50 МВт;

гидрогенераторов, электрически жестко связанных между собой и работающих через общий выключатель при их суммарной мощности до 50 МВт.

В указанных случаях могут не предусматриваться устройства полуавтоматической и автоматической точной синхронизации.

3.3.46. При использовании способа самосинхронизации как основного способа включения генераторов на параллельную работу следует предусматривать установку на гидрогенераторах устройств автоматической самосинхронизации, на турбогенераторах - устройств ручной или полуавтоматической самосинхронизации.

3.3.47. При использовании способа точной синхронизации в качестве основного способа включения генераторов на параллельную работу, как правило, следует предусматривать установку устройств автоматической и полуавтоматической точной синхронизации. Для генераторов мощностью до 15 МВт допускается применение ручной точной синхронизации с блокировкой от несинхронного включения.

3.3.48. В соответствии с указанными положениями все генераторы должны быть оборудованы соответствующими устройствами синхронизации, расположенными на центральном пункте управления или на местном пункте управления для гидроэлектростанций, на главном щите управления или на блочных щитах управления для теплоэлектростанций.

Вне зависимости от применяемого способа синхронизации все генераторы должны быть оборудованы устройствами, позволяющими в необходимых случаях производить ручную точную синхронизацию с блокировкой от несинхронного включения.

3.3.49. При включении в сеть способом точной синхронизации двух или более гидрогенераторов, работающих через один выключатель, генераторы предварительно синхронизируются между собой способом самосинхронизации и с сетью - способом точной синхронизации.

3.3.50. На транзитных подстанциях основной сети и электростанциях, где требуется синхронизация отдельных частей электрической системы, должны предусматриваться устройства для полуавтоматической или ручной точной синхронизации.

### **Автоматическое регулирование возбуждения, напряжения и реактивной мощности**

3.3.51. Устройства автоматического регулирования возбуждения, напряжения и реактивной мощности предназначены для:

поддержания напряжения в электроэнергетической системе и у электроприемников по заданным характеристикам при нормальной работе электроэнергетической системы;

распределения реактивной нагрузки между источниками реактивной мощности по заданному закону;

повышения статической и динамической устойчивости электрических систем и демпфирования колебаний в переходных режимах.

3.3.52. Синхронные машины (генераторы, компенсаторы, электродвигатели) должны быть оборудованы устройствами АРВ. Автоматические регуляторы возбуждения должны соответствовать требованиям государственных стандартов на системы возбуждения и техническим условиям на оборудование систем возбуждения.

Для генераторов и синхронных компенсаторов мощностью менее 2,5 МВт, за исключением генераторов электростанций, работающих изолированно или в энергосистеме небольшой мощности, допускается применять только устройства релейной форсировки возбуждения. Синхронные электродвигатели

должны быть оборудованы устройствами АРВ в соответствии с Главой 5.3. ПУЭ. Раздел V.

3.3.53. Должна быть обеспечена высокая надежность питания АРВ и других устройств системы возбуждения от трансформаторов напряжения, а также высокая надежность соответствующих цепей.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, имеющему предохранители на первичной стороне:

АРВ и другие устройства системы возбуждения, потеря питания которых может привести к перегрузке или недопустимому снижению возбуждения машины, должны присоединяться к их вторичным выводам без предохранителей и автоматических выключателей;

устройство релейной форсировки должно выполняться так, чтобы исключалась возможность его ложной работы при перегорании одного из предохранителей с первичной стороны трансформаторов напряжения.

При подключении АРВ к трансформатору напряжения, не имеющему предохранителей на первичной стороне:

АРВ и другие устройства системы возбуждения должны присоединяться к их вторичным выводам через автоматические выключатели;

должны быть предусмотрены мероприятия по использованию вспомогательных контактов автоматического выключателя, исключающие перегрузку или недопустимое снижение возбуждения машины в случае отключения автоматического выключателя.

К трансформаторам напряжения, к которым подключаются АРВ и другие устройства системы возбуждения, как правило, не должны присоединяться другие устройства и приборы. В отдельных случаях допускается присоединение этих устройств и приборов через отдельные автоматические выключатели или предохранители.

3.3.54. Устройства АРВ гидрогенераторов должны быть выполнены так, чтобы в случае сброса нагрузки при исправном регуляторе скорости исключалось срабатывание защиты от повышения напряжения. При необходимости устройство АРВ может быть дополнено релейным устройством быстродействующего развозбуждения.

3.3.55. Схема устройства релейной форсировки возбуждения должна предусматривать возможность перевода его действия на резервный возбудитель при замене им основного возбудителя.

3.3.56. Устройства компаундирования возбуждения должны присоединяться к трансформаторам тока со стороны вывода генератора или синхронного компенсатора (со стороны шин).

3.3.57. Для синхронных генераторов и компенсаторов с непосредственным охлаждением, генераторов мощностью 15 МВт и более и компенсаторов

мощностью 15 Мвар и более, электростанций и подстанций без постоянного дежурства персонала в помещении щита управления должно быть предусмотрено автоматическое ограничение перегрузки с выдержкой времени, зависящей от кратности перегрузки.

До освоения серийного выпуска устройств автоматического ограничения перегрузки с зависимой выдержкой времени для машин мощностью до 200 МВт (Мвар) допускается устанавливать устройства ограничения с независимой по времени характеристикой.

Устройство автоматического ограничения перегрузки не должно препятствовать форсировке возбуждения в течение времени, которое допускается для соответствующего исполнения машины.

3.3.58. Для генераторов мощностью 100 МВт и более и для компенсаторов мощностью 100 Мвар и более следует устанавливать быстродействующие системы возбуждения с АРВ сильного действия.

В отдельных случаях, определяемых условиями работы электростанции в энергосистеме, допускается устанавливать АРВ другого типа, а также медленно действующие системы возбуждения.

3.3.59. Система возбуждения и устройства АРВ должны обеспечивать устойчивое регулирование в пределах от наименьшего допустимого до наибольшего допустимого значения тока возбуждения. Для синхронных компенсаторов с нереверсивной системой возбуждения регулирование должно обеспечиваться начиная от значения тока ротора, практически равного нулю, а для компенсаторов с реверсивной системой возбуждения - от наибольшего допустимого значения отрицательного тока возбуждения.

Для машин, работающих в блоке с трансформаторами, должна быть предусмотрена возможность токовой компенсации потери напряжения в трансформаторе.

3.3.60. Генераторы мощностью 2,5 МВт и более гидро- и тепловых электростанций с числом агрегатов четыре и более должны оснащаться общестанционными АСУ технологическими процессами или (при их отсутствии) системами группового управления возбуждением. Эти системы на генераторах тепловых электростанций рекомендуется выполнять в зависимости от схемы, режима и мощности электростанции.

3.3.61. Трансформаторы с РПН распределительных подстанций и собственных нужд электростанций, а также линейные регуляторы распределительных подстанций для поддержания или заданного изменения напряжения должны оснащаться системой автоматического регулирования коэффициента трансформации. При необходимости автоматические регуляторы должны обеспечивать встречное регулирование напряжения.

Подстанции, на которых предусматривается параллельная работа трансформаторов (автотрансформаторов) с автоматическим регулированием коэффициента трансформации, должны оснащаться общеподстанционной автоматизированной системой управления технологическими процессами или системой группового регулирования, исключающей появление недопустимых уравнильных токов между трансформаторами.

3.3.62. Конденсаторные установки должны быть оборудованы устройствами автоматического регулирования в соответствии с Главой 5.6.ПУЭ. Раздел V.

### **Автоматическое регулирование частоты и активной мощности (АРЧМ)**

3.3.63. Системы автоматического регулирования частоты и активной мощности (далее - АРЧМ) предназначены для:

поддержания частоты в энергообъединениях и изолированных энергосистемах в нормальных режимах согласно требованиям государственных стандартов на качество электрической энергии;

регулирования обменных мощностей энергообъединений и ограничения перетоков мощности по контролируемым внешним и внутренним связям энергообъединений и энергосистем;

распределения мощности (в том числе экономичного) между объектами управления на всех уровнях диспетчерского управления (между электростанциями в энергосистемах и агрегатами или энергоблоками в пределах электростанций).

3.3.64. Системы АРЧМ должны обеспечивать (при наличии необходимого регулировочного диапазона) на управляемых электростанциях поддержание среднего отклонения частоты от заданного значения в пределах  $\pm 0,1$  Гц в десятиминутных интервалах и ограничение перетока мощности по контролируемым связям с подавлением не менее чем на 70% амплитуды колебаний перетока мощности с периодом 2 мин и более.

3.3.65. В систему АРЧМ должны входить: устройства автоматического регулирования частоты, обменной мощности и ограничения перетоков на диспетчерских пунктах ОЭС;

устройства распределения управляющих воздействий от вышестоящих систем АРЧМ между управляемыми электростанциями и устройства ограничения перетоков по контролируемым внутренним связям на диспетчерских пунктах энергосистем;

устройства управления активной мощностью на электростанциях, привлекаемых к участию в автоматическом управлении мощностью;

датчики перетоков активной мощности и средства телемеханики.



3.3.66. Устройства АРЧМ на диспетчерских пунктах должны обеспечивать выявление отклонений фактического режима работы от заданного, формирование и передачу управляющих воздействий для диспетчерских пунктов нижнего уровня управления и для электростанций, привлекаемых к автоматическому управлению мощностью.

3.3.67. Устройства автоматического управления мощностью электростанций должны обеспечивать:

прием и преобразование управляющих воздействий, поступающих с диспетчерских пунктов вышестоящего уровня управления, и формирование управляющих воздействий на уровне управления электростанций;

формирование управляющих воздействий на отдельные агрегаты (энергоблоки);

поддержание мощности агрегатов (энергоблоков) в соответствии с полученными управляющими воздействиями.

3.3.68. Управление мощностью электростанции должно осуществляться со статизмом по частоте, изменяемым в пределах от 3 до 6%.

3.3.69. На гидроэлектростанциях системы управления мощностью должны иметь автоматические устройства, обеспечивающие пуск и останов агрегатов, а при необходимости также перевод агрегатов в режимы синхронного компенсатора и генераторный в зависимости от условий и режима работы электростанций и энергосистемы с учетом имеющихся ограничений в работе агрегатов.

Гидроэлектростанции, мощность которых определяется режимом водотока, рекомендуется оборудовать автоматическими регуляторами мощности по водотоку.

3.3.70. Устройства АРЧМ должны допускать оперативное изменение параметров настройки при изменении режимов работы объекта управления, оснащаться элементами сигнализации, блокировками и защитами, предотвращающими неправильные их действия при нарушении нормальных режимов работы объектов управления, при неисправностях в самих устройствах, а также исключая те действия, которые могут помешать функционированию устройств противоаварийной автоматики.

На тепловых электростанциях устройства АРЧМ должны быть оборудованы элементами, предотвращающими те изменения технологических параметров выше допустимых пределов, которые вызваны действием этих устройств на агрегаты (энергоблоки).

3.3.71. Средства телемеханики должны обеспечивать ввод информации о перетоках по контролируемым внутрисистемным и межсистемным связям, передачу управляющих воздействий и сигналов от устройств АРЧМ на объекты

управления, а также передачу необходимой информации на вышестоящий уровень управления.

Суммарное запаздывание сигналов в средствах телемеханики и устройствах АРЧМ не должно превышать 5 с.

### **Автоматическое предотвращение нарушений устойчивости**

3.3.72. Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости энергосистем должны предусматриваться в зависимости от конкретных условий там, где это технически и экономически целесообразно, - для сохранения динамической устойчивости и обеспечения нормативного запаса статической устойчивости в послеаварийных режимах.

Устройства автоматического предотвращения нарушения устойчивости могут предусматриваться для действия в случаях:

а) отключения линии без повреждения, а также при повреждениях в результате однофазных КЗ при работе основной защиты и ОАПВ в возможных режимах повышенной загрузки электропередач и в ремонтных схемах сети; допускается применение устройств автоматики при этих повреждениях и в нормальных схемах и режимах энергосистемы, если нарушение устойчивости в результате отказа автоматики не может привести к потере значительной части нагрузки энергосистемы (например, за счет действия АЧР);

б) отключения линий в результате многофазных КЗ при работе основной защиты в нормальной и ремонтной схемах сети; допускается не учитывать наиболее редкие режимы повышенной загрузки электропередач;

в) отказов выключателя с действием УРОВ при КЗ в нормальном режиме работы энергосистемы и в нормальной схеме работы сети;

г) полного разделения энергосистемы на несинхронно работающие части электропередач в нормальном режиме;

д) значительного аварийного дефицита или избытка мощности в одной из соединяемых частей энергообъединения;

е) работы устройств БАПВ или АПВ в нормальной схеме и режиме.

3.3.73. Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости могут воздействовать на:

а) отключение части генераторов гидроэлектростанций и как исключение - генераторов или блоков тепловых электростанций;

б) быстрое снижение или увеличение нагрузки паровыми турбинами в пределах возможностей теплосилового оборудования (без последующего автоматического восстановления прежней нагрузки);

в) отключение (в исключительных случаях) части нагрузки потребителей, легко переносящих кратковременный перерыв электроснабжения (специальное автоматическое отключение нагрузки);

г) деление энергосистем (если указанные выше мероприятия недостаточны);

д) кратковременное быстрое снижение нагрузки паровых турбин (с последующим автоматическим восстановлением прежней нагрузки).

Устройства автоматического предотвращения нарушений устойчивости могут изменять режим работы устройств продольной и поперечной емкостной компенсации и другого оборудования электропередачи, например шунтирующих реакторов, автоматических регуляторов возбуждения генераторов и т. п. Снижение активной мощности электростанций при повреждениях по подпунктам “а” и “б” пункта 3.3.72. настоящих Правил, желательно ограничивать тем объемом и в основном теми случаями, когда это не ведет к действию АЧР в энергосистеме или к другим неблагоприятным последствиям.

3.3.74. Интенсивность управляющих воздействий, подаваемых устройствами автоматического предотвращения нарушений устойчивости (например, мощность отключаемых генераторов или глубина разгрузки турбин), должна определяться интенсивностью возмущающего воздействия (например, сброс передаваемой активной мощности при возникновении КЗ и продолжительность последнего) или переходного процесса, фиксируемых автоматически, а также тяжестью исходного режима, фиксируемой также автоматически или, в исключительных случаях, персоналом.

### **Автоматическое прекращение асинхронного режима**

3.75. Для прекращения асинхронного режима (далее - АР) в случае его возникновения должны в основном применяться устройства автоматики, отличающие асинхронный режим от синхронных качаний, КЗ или других ненормальных режимов работы.

По возможности указанные устройства следует выполнять так, чтобы они, прежде всего способствовали осуществлению мероприятий, направленных на облегчение условий ресинхронизации, например:

быстрому набору нагрузки турбинами или частичному отключению потребителей (в той части энергосистемы, в которой возник дефицит мощности);

уменьшению генерирующей мощности путем воздействия на регуляторы скорости турбин или отключения части генераторов (в той части энергосистемы, в которой возник избыток мощности).

Автоматическое разделение энергосистемы в заданных точках применяется после возникновения АР, если указанные мероприятия не приводят к ресинхронизации после прохождения заданного числа циклов качаний, или при длительности асинхронного хода больше заданного предела.

В случаях недопустимости асинхронного режима, опасности или малой эффективности ресинхронизации для прекращения АР необходимо использовать деление с наименьшим временем, при котором обеспечивается устойчивость по другим связям и селективное действие автоматики.

### **Автоматическое ограничение снижения частоты**

3.3.76. Автоматическое ограничение снижения частоты должно выполняться с таким расчетом, чтобы при любом возможном дефиците мощности в энергообъединении, энергосистеме, энергоузле возможность снижения частоты ниже уровня 45 Гц была исключена полностью, время работы с частотой ниже 47 Гц не превышало 20 с, а с частотой ниже 48,5 Гц - 60 с.

3.3.77. Система автоматического ограничения снижения частоты осуществляет: автоматический частотный ввод резерва;

автоматическую частотную разгрузку (АЧР);

дополнительную разгрузку;

включение питания отключенных потребителей при восстановлении частоты (ЧАПВ);

выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание собственных нужд электростанций.

3.3.78. Автоматический ввод резерва при снижении частоты должен использоваться в первую очередь, чтобы по возможности уменьшить объем отключения или длительность перерыва питания потребителей, и предусматривает:

мобилизацию включенного резерва на тепловых электростанциях;

автоматический пуск гидроагрегатов, находящихся в резерве;

автоматический переход в активный режим гидрогенераторов, работающих в режиме синхронных компенсаторов;

автоматический пуск газотурбинных установок.

3.3.79. Автоматическая частотная разгрузка предусматривает отключение потребителей небольшими долями по мере снижения частоты (АЧР1) или по мере увеличения продолжительности существования пониженной частоты (АЧР2).

Устройства АЧР должны устанавливаться, как правило, на подстанциях энергосистемы. Допускается их установка непосредственно у потребителей под контролем энергосистемы.

Объемы отключения нагрузки устанавливаются, исходя из обеспечения эффективности при любых возможных дефицитах мощности; очередность отключения выбирается так, чтобы уменьшить ущерб от перерыва электроснабжения, в частности должно применяться большее число устройств и очередей АЧР, более ответственные потребители должны подключаться к более дальним по вероятности срабатывания очередям.

Действие АЧР должно быть согласовано с работой устройств АПВ и АВР. Недопустимо уменьшение объема АЧР за счет действия устройств АВР или персонала.

3.3.80. Устройства дополнительной разгрузки должны применяться в тех энергосистемах или частях энергосистемы, где возможны особенно большие местные дефициты мощности, при которых действие устройств АЧР оказывается недостаточно эффективным по значению и скорости разгрузки.

Необходимость выполнения дополнительной разгрузки, ее объем, а также факторы, по которым осуществляется ее срабатывание (отключение питающих элементов, сброс активной мощности и т. п.), определяется энергосистемой.

3.3.81. Устройства ЧАПВ используются для уменьшения перерыва питания отключенных потребителей в условиях восстановления частоты в результате реализации резервов генерирующей мощности, ресинхронизации или синхронизации по отключившейся электропередаче.

При размещении устройств и распределении нагрузки по очередям ЧАПВ следует учитывать степень ответственности потребителей, вероятность их отключения действием АЧР, сложность и длительность неавтоматического восстановления электропитания (исходя из принятого порядка обслуживания объектов). Как правило, очередность включения нагрузки от ЧАПВ должна быть обратной по сравнению с принятой для АЧР.

3.3.82. Выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой, выделение генераторов на питание собственных нужд применяется:

для сохранения в работе собственных нужд электростанций;

для предотвращения полного погашения электростанций при отказе или недостаточной эффективности устройств ограничения снижения частоты по пунктам 3.3.79 и 3.3.81. настоящих Правил;

для обеспечения питания особо ответственных потребителей;

взамен дополнительной разгрузки, когда это технически и экономически целесообразно.

3.3.83. Необходимость применения дополнительной разгрузки, объемы отключаемой (при АЧР) и включаемой (при ЧАПВ) нагрузки, уставки по

времени, частоте и другим контролируемым параметрам для устройств ограничения снижения частоты определяются при эксплуатации энергосистем в соответствии с ПТЭ и другими директивными материалами.

### **Автоматическое ограничение повышения частоты**

3.3.84. С целью предотвращения недопустимого повышения частоты на тепловых станциях, которые могут оказаться работающими параллельно с гидроэлектростанциями значительно большей мощности в условиях сброса нагрузки, должны применяться устройства автоматики, действующей при повышении частоты выше 52-53 Гц. Эти устройства должны в первую очередь действовать на отключение части генераторов ГЭС. Возможно применение устройств, действующих на отделение ТЭС с нагрузкой, по возможности соответствующей их мощности, от ГЭС.

Кроме того, в узлах энергосистемы, содержащих только ГЭС, должны предусматриваться устройства, ограничивающие аварийное повышение частоты значением 60 Гц за счет отключения части генераторов для обеспечения нормальной работы двигательной нагрузки, а в узлах, содержащих только ТЭС - устройства, ограничивающие длительное повышение частоты значением, при котором нагрузка энергоблоков не выходит за пределы их регулировочного диапазона.

### **Автоматическое ограничение снижения напряжения**

3.3.85. Устройства автоматического ограничения снижения напряжения должны предусматриваться с целью исключения нарушения устойчивости нагрузки и возникновения лавины напряжения в после-аварийных условиях работы энергосистемы.

Указанные устройства могут контролировать кроме значения напряжения другие параметры, включая производную напряжения, и воздействуют на форсировку возбуждения синхронных машин, форсировку устройств компенсации, отключение реакторов и в порядке исключения, при недостаточности сетевых мероприятий и наличии обоснования - на отключение потребителей.

### **Автоматическое ограничение повышения напряжения**

3.3.86. С целью ограничения длительности воздействия повышенного напряжения на высоковольтное оборудование линий электропередачи, электростанций и подстанций, вызванного односторонним отключением фаз

линий, должны применяться устройства автоматики, действующие при повышении напряжения выше 110-130% номинального, при необходимости с контролем значения и направления реактивной мощности по линиям электропередачи.

Эти устройства должны действовать с выдержкой времени, учитывающей допустимую длительность перенапряжений и отстроенной от длительности коммутационных и атмосферных перенапряжений и качаний, в первую очередь на включение шунтирующих реакторов (если токовые имеются на электростанции или подстанции, где зафиксировано повышение напряжения). Если на электростанции или подстанции отсутствуют шунтирующие реакторы, имеющие выключатели, или включение реакторов не приводит к требуемому снижению напряжения, устройства должны действовать на отключение линии, вызвавшей повышение напряжения.

### **Автоматическое предотвращение перегрузки оборудования**

3.3.87. Устройства автоматического предотвращения перегрузки оборудования предназначены для ограничения длительности такого тока в линиях, трансформаторах, устройствах продольной компенсации, который превышает наибольший длительно допустимый и допускается менее 10-20 мин.

Указанные устройства должны воздействовать на разгрузку электростанций, могут воздействовать на отключение потребителей и деление системы, а в качестве последней ступени - на отключение перегружающегося оборудования. При этом должны быть приняты меры по предотвращению нарушений устойчивости и других неблагоприятных последствий.

### **Телемеханика**

3.3.88. Средства телемеханики (телеуправление, телесигнализация, телеизмерение и телерегулирование) должны применяться для диспетчерского управления территориально рассредоточенными электроустановками, связанными общим режимом работы, и их контроля. Обязательным условием применения средств телемеханики является наличие технико-экономической целесообразности (повышение эффективности диспетчерского управления, т. е. улучшение ведения режимов и производственных процессов, ускорение ликвидации нарушений и аварий, повышение экономичности и надежности работы электроустановок, улучшение качества вырабатываемой энергии, снижение численности эксплуатационного персонала и отказ от постоянного дежурства персонала, уменьшение площадей производственных помещений и т. п.).

Средства телемеханики могут применяться также для телепередачи сигналов систем АРЧМ, противоаварийной автоматики и других системных устройств регулирования и управления.

3.3.89. Объемы телемеханизации электроустановок должны определяться отраслевыми или ведомственными положениями и устанавливаться совместно с объемами автоматизации. При этом средства телемеханизации в первую очередь должны использоваться для сбора информации о режимах работы, состоянии основного коммутационного оборудования, изменениях при возникновении аварийных режимов или состояний, а также для контроля за выполнением распоряжений по производству переключений (плановых, ремонтных, оперативных) или ведению режимов эксплуатационным персоналом.

При определении объемов телемеханизации электроустановок без постоянного дежурства персонала в первую очередь должна быть рассмотрена возможность применения простейшей телесигнализации (аварийно-предупредительная телесигнализация на два или более сигналов).

3.3.90. Телеуправление должно предусматриваться в объеме, необходимом для централизованного решения задач по установлению надежных и экономически выгодных режимов работы электроустановок, работающих в сложных сетях, если эти задачи не могут быть решены средствами автоматики.

Телеуправление должно применяться на объектах без постоянного дежурства персонала, допускается его применение на объектах с постоянным дежурством персонала при условии' частого и эффективного использования.

Для телеуправляемых электроустановок операции телеуправления, так же как и действие устройств защиты и автоматики, не должны требовать дополнительных оперативных переключений на месте (с выездом или вызовом оперативного персонала).

При примерно равноценных затратах и технико-экономических показателях предпочтение должно отдаваться автоматизации перед телеуправлением.

3.3.91. Телесигнализация должна предусматриваться:

для отображения на диспетчерских пунктах положения и состояния основного коммутационного оборудования тех электроустановок, находящихся в непосредственном оперативном управлении или ведении диспетчерских пунктов, которые имеют существенное значение для режима работы системы энергоснабжения;

для ввода информации в вычислительные машины или устройства обработки информации;

для передачи аварийных и предупредительных сигналов.

Телесигнализация с электроустановок, которые находятся в оперативном управлении нескольких диспетчерских пунктов, как правило, должна



передаваться на вышестоящий диспетчерский пункт путем ретрансляции или отбора с нижестоящего диспетчерского пункта. Система передачи информации, как правило, должна выполняться не более чем с одной ступенью ретрансляции.

Для телесигнализации состояния или положения оборудования электроустановок, как правило, должен использоваться в качестве датчика один вспомогательный контакт или контакт реле-повторителя.

3.3.92. Телеизмерения должны обеспечивать передачу основных электрических или технологических параметров (характеризующих режимы работы отдельных электроустановок), необходимых для установления и контроля оптимальных режимов работы всей системы энергоснабжения в целом, а также для предотвращения или ликвидации возможных аварийных процессов.

Телеизмерения наиболее важных параметров, а также параметров, необходимых для последующей ретрансляции, суммирования или регистрации, должны выполняться, как правило, непрерывными.

Система передачи телеизмерений на вышестоящие диспетчерские пункты, как правило, должна выполняться не более чем с одной ступенью ретрансляции.

Телеизмерения параметров, не требующих постоянного контроля, должны осуществляться периодически или по вызову.

При выполнении телеизмерений должна учитываться необходимость местного отсчета параметров на контролируемых пунктах. Измерительные преобразователи (датчики телеизмерений), обеспечивающие местный отсчет показаний, как правило, должны устанавливаться вместо щитовых приборов, если при этом сохраняется класс точности измерений (смотри также Главу 1.6 ПУЭ. Раздел I.).

3.3.93. Объемы телемеханизации электроустановок, требования к устройствам телемеханики и каналам связи (тракт телепередачи) при использовании средств телемеханики для целей телерегулирования определяются в части точности, надежности и запаздывания информации проектом автоматического регулирования частоты и потоков мощности в объединенных энергосистемах. Телеизмерения параметров, необходимых для системы автоматического регулирования частоты и потоков мощности, должны выполняться непрерывными.

Тракт телепередачи, используемый для измерения потоков мощности, а также для передачи сигналов телерегулирования на основные или группу регулирующих электростанций, как правило, должен иметь дублированный канал телемеханики, состоящий из двух независимых каналов.

В устройствах телемеханики должны быть предусмотрены защиты, воздействующие на систему автоматического регулирования при различных повреждениях в устройствах или каналах телемеханики.

3.3.94. В каждом отдельном случае должна быть рассмотрена целесообразность совместного решения вопросов телемеханизации (особенно при выполнении каналов телемеханики и диспетчерских пунктов) в системах электро-, газо-, вода-, тепло- и воздухоснабжения и уличного освещения, контроля и управления производственными процессами.

3.3.95. Для крупных подстанций и электрических станций с большим числом генераторов и при значительных расстояниях от машинного зала, повысительной подстанции и других сооружений электростанции до центрального пункта управления при технической целесообразности необходимо предусматривать средства внутриобъектной телемеханизации. Объемы средств внутриобъектной телемеханизации должны выбираться в соответствии с требованиями технологического управления электростанций, а также с технико-экономическими показателями при конкретном проектировании.

3.3.96. При совместном применении различных систем телемеханики на одном диспетчерском пункте операции, производимые диспетчером, должны быть, как правило, одинаковыми.

3.3.97. При применении устройств телемеханики должна быть предусмотрена возможность отключения на месте:

одновременно всех цепей телеуправления и телесигнализации при помощи устройств, образующих, как правило, видимый разрыв цепи;

цепей телеуправления и телесигнализации каждого объекта с помощью специальных зажимов, испытательных блоков и других устройств, образующих видимый разрыв цепи.

3.3.98. Внешние связи устройств телемеханики должны выполняться в соответствии с требованиями Главы 3.4. настоящих Правил

3.3.99. Электроизмерительные приборы-преобразователи (датчики телеизмерений), являясь стационарными электроизмерительными приборами, должны устанавливаться в соответствии с Главой 1.6. ПУЭ. Раздел I.

3.3.100. В качестве каналов телемеханики могут быть использованы применяемые для других целей или самостоятельные проводные (кабельные и воздушные, уплотненные и неуплотненные) каналы, высокочастотные каналы по ВЛ и распределительной сети, радио и радиорелейные каналы связи.

Выбор способа организации каналов телемеханики, использование существующих или организация самостоятельных каналов, необходимость резервирования должны определяться технико-экономической целесообразностью и требуемой надежностью.

3.3.101. Для рационального использования аппаратуры телемеханики и каналов связи при обеспечении необходимой надежности и достоверности передачи информации допускается:

1. Телеизмерение мощности нескольких параллельных линий электропередачи одного напряжения выполнять как одно телеизмерение суммарной мощности.

2. Для телеизмерения по вызову на контролируемом пункте применять общие устройства для однородных измерений, а на диспетчерских пунктах - общие приборы для измерений, поступающих с разных контролируемых пунктов; при этом должна быть исключена возможность одновременной передачи или приема измерений.

3. Для сокращения объема телеизмерений рассматривать возможность замены их телесигнализацией предельных значений контролируемых параметров или устройствами сигнализации и регистрации отклонений параметров от установленной нормы.

4. Для одновременной передачи непрерывных телеизмерений и телесигнализации использовать комплексные устройства телемеханики.

5. Работа одного передающего устройства телемеханики на несколько диспетчерских пунктов, а также одного устройства телемеханики диспетчерского пункта на несколько контролируемых пунктов, в частности для сбора информации в городских и сельских распределительных сетях.

6. Ретрансляция на диспетчерский пункт предприятия электросетей с диспетчерских пунктов участков электрифицированных железных дорог телесигнализации и телеизмерений с тяговых подстанций.

3.3.102. Питание устройств телемеханики (как основное, так и резервное) на диспетчерских и контролируемых пунктах должно осуществляться совместно с питанием аппаратуры каналов связи и телемеханики.

Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах с оперативным переменным током должно предусматриваться при наличии источников резервирования (другие секции систем шин, резервные вводы, аккумуляторные батареи устройств каналов связи, трансформаторы напряжения на вводах, отбор от конденсаторов связи и т. п.). Если резервные источники питания для каких-либо других целей не предусматриваются, то резервирование питания устройств телемеханики, как правило, не должно предусматриваться. Резервное питание устройств телемеханики на контролируемых пунктах, имеющих аккумуляторные батареи оперативного тока, должно осуществляться через преобразователи. Резервное питание устройств телемеханики, установленных на диспетчерских пунктах объединенных энергосистем и предприятий электросетей, должно осуществляться от независимых источников (аккумуляторной батареи с

преобразователями постоянного тока и переменный, двигателя-генератора внутреннего сгорания) совместно с устройствами каналов связи и телемеханики.

Переход на работу от источников резервного питания при нарушении электроснабжения основных источников должен быть автоматизирован. Необходимость резервирования питания на диспетчерских пунктах промышленных предприятий должна определяться в зависимости от требований по обеспечению надежности энергоснабжения.

3.3.103. Вся аппаратура и панели телемеханики должны иметь маркировку и устанавливаться в местах, удобных для эксплуатации.

## Глава 3.4. Вторичные цепи

3.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на вторичные цепи (цепи управления, сигнализации, контроля, автоматики и релейной защиты) электроустановок.

3.4.2. Рабочее напряжение вторичных цепей присоединения, которое не имеет связи с другими присоединениями и аппаратура которого расположена отдельно от аппаратуры других присоединений, должно быть не выше 1 кВ. Во всех остальных случаях рабочее напряжение вторичных цепей должно быть не выше 500 В.

Исполнение присоединяемых аппаратов должно соответствовать условиям окружающей среды и требованиям безопасности.

3.4.3. На электростанциях и подстанциях для вторичных цепей следует применять контрольные кабели с алюминиевыми жилами из полутвердого алюминия или с медными жилами. Контрольные кабели с медными жилами следует применять только во вторичных цепях:

1) электростанций с генераторами мощностью более 100 МВт; при этом на электростанциях для вторичной коммутации и освещения объектов химводоочистки, очистных, инженерно-бытовых и вспомогательных сооружений, механических мастерских и пусковых котельных следует применять контрольные кабели с алюминиевыми жилами или с медными жилами;

2) Распределительные устройства (далее - РУ) и подстанций с высшим напряжением 330 кВ и выше, а также РУ и подстанций, включаемых в межсистемные транзитные линии электропередачи;

---

\* При отсутствии алюминия допускается прокладка кабеля с медными жилами

3) дифференциальных защит шин и устройств резервирования отказа выключателей 110-220 кВ, а также средств системной противоаварийной автоматики;

4) технологических защит тепловых электростанций;

5) с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм (смотри также пункт 3.4.4. настоящих Правил);

6) размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia электростанций и подстанций.

На промышленных предприятиях для вторичных цепей следует применять контрольные кабели с медными или алюминиевыми (при отсутствии алюминия допускается прокладка кабеля с медными жилами) жилами из полутвердого алюминия. Контрольные кабели с медными жилами следует применять только во вторичных цепях, размещаемых во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia, во вторичных цепях механизмов доменных и конвертерных цехов, главной линии обжимных и непрерывных высокопроизводительных прокатных станов, электроприемников особой группы I категории, а также во вторичных цепях с рабочим напряжением не выше 60 В при диаметре жил кабелей и проводов до 1 мм (смотри также пункт 3.4.4. настоящих Правил).

#### 3.4.4. По условию механической прочности:

1) жилы контрольных кабелей для присоединения под винт к зажимам панелей и аппаратов должны иметь сечения не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  (а при применении специальных зажимов - не менее  $1,0 \text{ мм}^2$ ) для меди и  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюминия; для токовых цепей -  $2,5 \text{ мм}^2$  для меди и  $4 \text{ мм}^2$  для алюминия; для неответственных вторичных цепей, для цепей контроля и сигнализации допускается присоединение под винт кабелей с медными жилами сечением  $1 \text{ мм}^2$ ;

2) в цепях с рабочим напряжением 100 В и выше сечение медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должно быть не менее  $0,5 \text{ мм}^2$ ;

3) в цепях с рабочим напряжением 60 В и ниже диаметр медных жил кабелей, присоединяемых пайкой, должен быть не менее 0,5 мм. В устройствах связи, телемеханики и им подобных линейные цепи следует присоединять к зажимам под винт.

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (втычным соединителям, выемным блокам и др.), а также к панелям и аппаратам, подверженным вибрации, следует выполнять гибкими (многопроволочными) жилами.

3.4.5. Сечение жил кабелей и проводов должно удовлетворять требованиям их защиты от КЗ без выдержки времени, допустимых длительных токов

согласно Главе 1.3. ПУЭ. Раздел I, термической стойкости (для цепей, идущих от трансформаторов тока), а также обеспечивать работу аппаратов в заданном классе точности. При этом должны быть соблюдены следующие условия:

1. Трансформаторы тока совместно с электрическими цепями должны работать в классе точности:

для расчетных счетчиков - по Главе 1.5. ПУЭ. Раздел I;

для измерительных преобразователей мощности, используемых для ввода информации в вычислительные устройства,- по Главе 1.5. ПУЭ. Раздел I, как для счетчиков технического учета;

для щитовых приборов и измерительных преобразователей тока и мощности, используемых для всех видов измерений,- не ниже класса точности 3;

для защиты, как правило, в пределах 10%-ной погрешности (смотри также Главу 3.2. настоящих Правил).

2. Для цепей напряжения потери напряжения от трансформатора напряжения при условии включения всех защит и приборов должны составлять:

до расчетных счетчиков и измерительных преобразователей мощности, используемых для ввода информации в вычислительные устройства, - не более 0,5%;

до расчетных счетчиков межсистемных линий электропередачи - не более 0,25%;

до счетчиков технического учета - не более 1,5%;

до щитовых приборов и датчиков мощности, используемых для всех видов измерений, - не более 1,5%;

до панелей защиты и автоматики - не более 3% (смотри также Главу 3.2. настоящих Правил).

При совместном питании указанных нагрузок по общим жилам их сечение должно быть выбрано по минимальной из допустимых норм потери напряжения.

3. Для цепей оперативного тока потери напряжения от источника питания должны составлять:

до панели устройства или до электромагнитов управления, не имеющих форсировки, не более 10% при наибольшем токе нагрузки;

до электромагнитов управления, имеющих трехкратную и большую форсировку, не более 25% при форсировочном значении тока.

4. Для цепей напряжения устройств АРВ потеря напряжения от трансформатора напряжения до измерительного органа должна составлять не более 1%.

3.4.6. В одном контрольном кабеле допускается объединение цепей управления, измерения, защиты и сигнализации постоянного и переменного тока, а также силовых цепей, питающих электроприемники небольшой мощности (например, электродвигатели задвижек).

Во избежание увеличения индуктивного сопротивления жил кабелей разводку вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения необходимо выполнять так, чтобы сумма токов этих цепей в каждом кабеле была равна нулю в любых режимах.

Допускается применение общих кабелей для цепей разных присоединений, за исключением взаимно резервируемых.

Цени тока и напряжения для панелей на микроэлектронике должны выполняться медными экранированными кабелями не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ , цепи отключения медным экранированным кабелем (сечением в зависимости от типа выключателя), при этом силовые кабели прокладываются отдельно.

3.4.7. Кабели, как правило, следует присоединять к сборкам зажимов. Присоединение двух медных жил кабеля под один винт не рекомендуется, а двух алюминиевых жил не допускается.

К выводам измерительных трансформаторов или отдельным аппаратам кабели допускается присоединять непосредственно.

Исполнение зажимов должно соответствовать материалу и сечению жил кабелей.

3.4.8. Соединение контрольных кабелей с целью увеличения их длины допускается, если длина трассы превышает строительную длину кабеля. Соединение кабелей, имеющих металлическую оболочку, следует осуществлять с установкой герметичных муфт.

Кабели с неметаллической оболочкой или с алюминиевыми жилами следует соединять на промежуточных рядах зажимов или с помощью специальных муфт, предназначенных для данного типа кабелей.

3.4.9. Кабели вторичных цепей, жилы кабелей и провода, присоединяемые к сборкам зажимов или аппаратам, должны иметь маркировку.

3.4.10. Типы проводов и кабелей для вторичных цепей, способы их прокладки и защиты следует выбирать с учетом требований Глав 2.1 -2.3. ПУЭ. Раздел II и Главы 3.1. настоящих Правил в той части, в какой они не изменены настоящей главой. При прокладке проводов и кабелей по горячим поверхностям или в местах, где изоляция может подвергаться воздействию масел и других агрессивных сред, следует применять специальные провода и кабели (смотри Главу 2.1. ПУЭ. Раздел II).

Провода и жилы кабеля, имеющие несветостойкую изоляцию, должны быть защищены от воздействия света.

3.4.11. Кабели вторичных цепей трансформаторов напряжения 110 кВ и выше, прокладываемые от трансформатора напряжения до щита, должны иметь металлическую оболочку или броню, заземленную с обеих сторон. Кабели в цепях основных и дополнительных обмоток одного трансформатора напряжения 110 кВ и выше по всей длине трассы следует прокладывать рядом. Для цепей приборов и устройств, чувствительных к наводкам от других устройств или проходящих рядом цепей, должны быть применены экранированные провода, а также контрольные кабели с общим экраном или кабели с экранированными жилами.

3.4.12. Монтаж цепей постоянного и переменного тока в пределах щитовых устройств (панели, пульта, шкафы, ящики и т. п.), а также внутренние схемы соединений приводов выключателей, разъединителей и других устройств по условиям механической прочности должны быть выполнены проводами или кабелями с медными жилами сечением не менее:

для однопроволочных жил, присоединяемых винтовыми зажимами,  $1,5 \text{ мм}^2$ ;

для однопроволочных жил, присоединяемых пайкой,  $0,5 \text{ мм}^2$ ;

для многопроволочных жил, присоединяемых пайкой или под винт с помощью специальных наконечников,  $0,35 \text{ мм}^2$ ; в технически обоснованных случаях допускается применение проводов с многопроводочными медными жилами, присоединяемыми пайкой, сечением менее  $0,35 \text{ мм}^2$ , но не менее  $0,2 \text{ мм}^2$ ;

для жил, присоединяемых пайкой в цепях напряжением не выше 60 В (диспетчерские щиты и пульта, устройства телемеханики и т. п.),  $0,197 \text{ мм}^2$  (диаметр - не менее 0,5 мм).

Присоединение однопроволочных жил (под винт или пайкой) допускается осуществлять только к неподвижным элементам аппаратуры. Присоединение жил к подвижным или выемным элементам аппаратуры (разъемным соединителям, выемным блокам и др.) следует выполнять гибкими (многопроволочными) жилами.

Механические нагрузки на места пайки проводов не допускаются.

Для переходов на дверцы устройств должны быть применены многопроволочные провода сечением не менее  $0,5 \text{ мм}^2$ , допускается также применение проводов с однопроволочными жилами сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  при условии, что жгут проводов работает только на кручение.

Сечение проводов на щитовых устройствах и других изделиях заводского изготовления определяется требованиями их защиты от КЗ без выдержки времени, допустимых токовых нагрузок согласно Главе 1.3. ПУЭ. Раздел I, а для цепей, идущих от трансформаторов тока, кроме того, и термической стойкостью. Для монтажа следует применять провода и кабели с изоляцией, не поддерживающей горение.



Применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для внутреннего монтажа щитовых устройств не допускается.

3.4.13. Соединения аппаратов между собой в пределах одной панели следует выполнять, как правило, непосредственно без выведения соединяющих проводов на промежуточные зажимы.

На зажимы или испытательные блоки должны быть выведены цепи, в которые требуется включать испытательные и проверочные аппараты и приборы. Рекомендуется также выводить на ряд зажимов цепи, переключение которых требуется для изменения режима работы устройства.

3.4.14. Промежуточные зажимы следует устанавливать только там, где:

провод переходит в кабель;

объединяются одноименные цепи (сборка зажимов цепей отключения, цепей напряжения и т. п.);

требуется включать переносные испытательные и измерительные аппараты, если нет испытательных блоков или аналогичных устройств;

несколько кабелей переходит в один кабель или перераспределяются цепи различных кабелей (смотри также пункт 3.4.8. настоящих Правил).

3.4.15. Зажимы, относящиеся к разным присоединениям или устройствам, должны быть выделены в отдельные сборки зажимов.

На рядах зажимов не должны находиться в непосредственной близости один от другого зажимы, случайное соединение которых может вызвать включение или отключение присоединения или КЗ в цепях оперативного тока или в цепях возбуждения.

При размещении на панели (в шкафу) аппаратуры, относящейся к разным видам защит или других устройств одного присоединения, подача питания от полюсов оперативного тока через сборки зажимов, а также разводка этих цепей по панели должны быть выполнены независимо для каждого вида защит или устройств. Если в цепях отключения от отдельных комплектов защит не предусматриваются накладки, то присоединение этих цепей к выходному реле защиты или цепям отключения выключателя следует осуществлять через отдельные зажимы сборки зажимов; при этом соединения по панели указанных цепей следует выполнять независимо для каждого вида защит.

3.4.16. Для проведения эксплуатационных проверок и испытаний в цепях защиты и автоматики следует предусматривать испытательные блоки или измерительные зажимы, обеспечивающие (за исключением случаев, оговоренных в пункте 3.4.7. настоящих Правил) без отсоединения проводов и кабелей отключение от источника оперативного тока, трансформаторов напряжения и тока с возможностью предварительного закорачивания токовых цепей; присоединение испытательных аппаратов для проверки и наладки устройств.

Устройства релейной защиты и автоматики, периодически выводимые из работы по требованиям режима сети, условиям селективности и другим причинам, должны иметь специальные приспособления для вывода их из работы оперативным персоналом.

3.4.17. Сборки зажимов, вспомогательные контакты выключателей и соединителей и аппараты должны устанавливаться, а заземляющие проводники монтироваться так, чтобы была обеспечена доступность и безопасность обслуживания сборок и аппаратов вторичных цепей без снятия напряжения с первичных цепей напряжением выше 1 кВ.

3.4.18. Изоляция аппаратуры, применяемой во вторичных цепях, должна соответствовать нормам, определяемым рабочим напряжением источника (или разделительного трансформатора), питающего данные цепи.

Контроль изоляции цепей оперативного постоянного и переменного тока следует предусматривать на каждом независимом источнике (включая разделительные трансформаторы), не имеющем заземления.

Устройство контроля изоляции должно обеспечивать подачу сигнала при снижении изоляции ниже установленного значения, а на постоянном токе - также измерение значения сопротивления изоляции полюсов. Контроль изоляции допускается не выполнять при неразветвленной сети оперативного тока.

3.4.19. Питание оперативным током вторичных цепей каждого присоединения следует осуществлять через отдельные предохранители или автоматические выключатели (применение последних предпочтительно).

Питание оперативным током цепей релейной защиты и управления выключателями каждого присоединения должно предусматриваться, как правило, через отдельные автоматические выключатели или предохранители, не связанные с другими цепями (сигнализация, электромагнитная блокировка и т. п.). Допускается совместное питание цепей управления и ламп сигнализации положения управляемого аппарата.

Для присоединений 220 кВ и выше, а также для генераторов (блоков) мощностью 60 МВт и более должно быть предусмотрено отдельное питание оперативным током (от разных предохранителей, автоматических выключателей) основных и резервных защит.

При последовательном включении автоматических выключателей и предохранителей последние должны быть установлены перед автоматическими выключателями (со стороны источника питания).

3.4.20. Устройства релейной защиты, автоматики и управления ответственных элементов должны иметь постоянно действующий контроль состояния цепей питания оперативным током. Контроль может осуществляться применением отдельных реле или ламп либо при помощи аппаратов,

предусматриваемых для контроля исправности цепи последующей операции коммутационных аппаратов с дистанционным управлением.

Для менее ответственных устройств контроль питания может осуществляться подачей сигнала об отключенном положении автоматического выключателя в цепи оперативного тока.

Контроль исправности цепи последующей операции должен быть выполнен при наличии в ней вспомогательного контакта коммутационного аппарата. При этом контроль исправности цепи отключения должен быть выполнен во всех случаях, а контроль исправности цепи включения - на выключателях ответственных элементов, короткозамыкателей и на аппаратах, включаемых под действием устройств автоматического ввода резерва (АВР) или телеуправления.

Если параметры цепей включения привода не обеспечивают возможность контроля исправности этой цепи, контроль не выполняется.

3.4.21. В электроустановках, как правило, должна быть обеспечена автоматическая подача сигнала о нарушении нормального режима работы и о возникновении каких-либо неисправностей.

Проверка исправности этой сигнализации должна быть предусмотрена периодическим ее опробованием.

В электроустановках, работающих без постоянного дежурства персонала, должна быть обеспечена подача сигнала в пункт нахождения персонала.

3.4.22. Цепи оперативного тока, в которых возможна ложная работа различных устройств от перенапряжения при работе электромагнитов включения или других аппаратов, а также при замыканиях на землю, должны быть защищены.

3.4.23. Заземление во вторичных цепях трансформаторов тока следует предусматривать в одной точке на ближайшей от трансформаторов тока сборке зажимов или на зажимах трансформаторов тока.

Для защит, объединяющих несколько комплектов трансформаторов тока, заземление должно быть предусмотрено также в одной точке; в этом случае допускается заземление через пробивной предохранитель с пробивным напряжением не выше 1 кВ с шунтирующим сопротивлением 100 Ом для стекания статического заряда.

Вторичные обмотки промежуточных разделительных трансформаторов тока допускается не заземлять.

3.4.24. Вторичные обмотки трансформатора напряжения должны быть заземлены соединением нейтральной точки или одного из концов обмотки с заземляющим устройством.

Заземление вторичных обмоток трансформатора напряжения должно быть выполнено, как правило, на ближайшей от трансформатора напряжения сборке зажимов или на зажимах трансформатора напряжения.

Допускается объединение заземляемых вторичных цепей нескольких трансформаторов напряжения одного распределительного устройства общей заземляющей шинкой. Если указанные шинки относятся к разным распределительным устройствам и находятся в разных помещениях (например, релейные щиты распределительных устройств различных напряжений), то эти шинки, как правило, не следует соединять между собой.

Для трансформаторов напряжения, используемых в качестве источников оперативного переменного тока, если не предусматривается рабочее заземление одного из полюсов сети оперативного тока, защитное заземление вторичных обмоток трансформаторов напряжения должно быть осуществлено через пробивной предохранитель.

3.4.25. Трансформаторы напряжения должны быть защищены от КЗ во вторичных цепях автоматическими выключателями. Автоматические выключатели следует устанавливать во всех незаземленных проводниках после сборки зажимов, за исключением цепи нулевой последовательности (разомкнутого треугольника) трансформаторов напряжения в сетях с большими токами замыкания на землю.

Для неразветвленных цепей напряжения автоматические выключатели допускается не устанавливать.

Во вторичных цепях трансформатора напряжения должна быть обеспечена возможность создания видимого разрыва (рубильники, разъёмные соединители и т.п.).

Установка устройств, которыми может быть создан разрыв проводников между трансформатором напряжения и местом заземления его вторичных цепей, не допускается.

3.4.26. На трансформаторах напряжения, установленных в сетях с малыми токами замыкания на землю без компенсации емкостных токов (например, на генераторном напряжении блока генератор - трансформатор, на напряжении собственных нужд электростанций и подстанций), при необходимости следует предусматривать защиту от перенапряжений при самопроизвольных смещениях нейтрали. Защита может быть осуществлена включением активных сопротивлений в цепь разомкнутого треугольника.

3.4.27. Во вторичных цепях линейных трансформаторов напряжения 220 кВ и выше должно быть предусмотрено резервирование от другого трансформатора напряжения.

Допускается выполнение взаимного резервирования между линейными трансформаторами напряжения при достаточной их мощности по вторичной нагрузке.

3.4.28. Трансформаторы напряжения должны иметь контроль исправности цепей напряжения. Релейная защита, цепи которой питаются от трансформаторов напряжения, должна быть оборудована устройствами, указанными в пункте 3.2.8. настоящих Правил.

Независимо от наличия или отсутствия в цепях защиты указанных устройств должны быть предусмотрены сигналы:

при отключении автоматических выключателей - с помощью их вспомогательных контактов;

при нарушениях работы реле-повторителей шинных разъединителей - с помощью устройств контроля обрыва цепей управления и реле-повторителей;

для трансформаторов напряжения, в цепи обмоток высшего напряжения которых установлены предохранители, при нарушении целости предохранителей - с помощью центральных устройств.

3.4.29. В местах, подверженных сотрясениям и вибрациям, должны быть приняты меры против нарушения контактных соединений проводов, ложного срабатывания реле, а также против преждевременного износа аппаратов и приборов.

3.4.30. Панели должны иметь надписи с обслуживаемых сторон, указывающие присоединения, к которым относится панель, ее назначение, порядковый номер панели в щите, а установленная на панелях аппаратура должна иметь надписи или маркировку согласно схемам.

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 02.11.2006 г. № 20-15-232/11)**

**Утверждены  
приказом «Узгосэнергонадзор»  
от 19 октября 2006 г.  
№ 167**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел IV**

## Раздел IV.

### Распределительные устройства и подстанции

#### Глава 4.1. Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока

##### Область применения

4.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на распределительные устройства (далее — РУ) до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянно-го тока, устанавливаемые в помещениях и на открытом воздухе и выполняемые в виде щитов распределительных, управления, релейных и пультов; установок ячейкового типа; шкафов; шинных выводов; сборок.

Дополнительные требования к РУ специального назначения приведены в соответствующих главах Правил устройства электроустановок (далее — ПУЭ). Раздел VII.

##### Общие требования

4.1.2. В настоящем разделе ПУЭ используются следующие термины и определения:

**распределительное устройство** — электроустановка, служащая для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики, телемеханики, связи и измерительные приборы;

**открытое распределительное устройство** (далее — ОРУ) — РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе;

**закрытое распределительное устройство** (далее — ЗРУ) — РУ, оборудование которого расположено в помещении;

**комплектное распределительное устройство** (далее — КРУ) — РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами измерения, защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде;

**комплектное распределительное устройство элегазовое** (далее — КРУЭ) — РУ, в котором основное оборудование заключено в оболочки, заполненные элегазом ( $\text{SF}_6$ ), служащим изолирующей и/или дугогасящей средой;

Комплектное распределительное устройство, предназначенное для внутренней установки, сокращенно обозначается КРУ, а для наружной —

КРУН. Разновидностью КРУ является КСО — камера сборная одностороннего обслуживания;

**подстанция** — электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений;

В зависимости от преобладания той или иной функции подстанций они называются **трансформаторными** или **преобразовательными**;

**пристроенная подстанция** (пристроенная РУ) — подстанция (РУ), непосредственно примыкающая (примыкающее) к основному зданию;

**встроенная подстанция** (встроенная РУ) — закрытая подстанция (закрытое РУ), вписанная (вписанное) в контур основного здания;

**внутрицеховая подстанция** — подстанция, расположенная внутри производственного здания (открыто или в отдельном закрытом помещении);

**комплектная трансформаторная (преобразовательная) подстанция** — подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные (преобразовательные) подстанции (далее — КТП, КПП) или части их, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые на открытом воздухе, — к наружным установкам;

**столбовая трансформаторная ПС** (далее — СТП) — открытая трансформаторная ПС, все оборудование которой установлено на одностоечной опоре ВЛ на высоте, не требующей ограждения ПС;

**мачтовой трансформаторная ПС** (далее — МТП) — открытая трансформаторная ПС, все оборудование которой установлено на конструкциях (в том числе на двух и более стойках опор ВЛ) с площадкой обслуживания на высоте, не требующей ограждения ПС;

**распределительный пункт** (далее — РП) — РУ, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции;

**камера** — помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин;

**закрытая камера** — камера, закрытая со всех сторон и имеющая сплошные (не сетчатые) двери;

**огражденная камера** — камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично не сплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями.



Под смешанными ограждениями понимаются ограждения из сеток и сплошных листов;

**взрывная камера** — закрытая камера, предназначенная для локализации возможных аварийных последствий при повреждении установленных в ней аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор;

**коридор обслуживания** — коридор вдоль камер или шкафов КРУ, предназначенный для обслуживания аппаратов и шин;

**взрывной коридор** — коридор, в который выходят двери взрывных камер;

**преобразовательный агрегат** — комплект оборудования, состоящий из одного или нескольких полупроводниковых преобразователей, трансформатора, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы агрегата;

**полупроводниковый преобразователь** — комплект полупроводниковых вентилях (неуправляемых или управляемых), смонтированных на рамах или в шкафах, с системой воздушного или водяного охлаждения, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы преобразователя.

4.1.3. Выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций должен производиться как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току, классу точности и т. п.), так и по условиям работы при коротком замыкании (далее — КЗ) (термические и динамические воздействия, коммутационная способность).

РУ должны иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных цепей, панелей, аппаратов.

Надписи должны выполняться на лицевой стороне устройства, а при обслуживании с двух сторон — также на задней стороне устройства. (См. также Главу 3.4. ПУЭ. Раздел III). РУ должны иметь мнемосхему.

4.1.4. Относящиеся к цепям различного рода тока и различных напряжений части РУ должны быть выполнены и размещены так, чтобы была обеспечена возможность их четкого распознавания.

4.1.5. Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть, как правило, одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в Главе 1.1. ПУЭ. Раздел I.

В РУ должна быть обеспечена возможность установки переносных защитных заземлений.

4.1.6. Все металлические части РУ должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

4.1.7. Заземление и защитные меры должны быть выполнены в соответствии с Главой. 1.7. ПУЭ. Раздел I.

4.1.8. Все средства измерений, используемые на подстанциях любых типов, должны подвергаться периодической поверке в территориальных органах агентства «Узстандарт».

### **Установка приборов и аппаратов**

4.1.9. Аппараты и приборы следует располагать так, чтобы возникающие в них при эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы, вызвать КЗ или замыкание на землю.

4.1.10. Аппараты рубящего типа должны устанавливаться так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно под действием силы тяжести. Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, как правило, не должны быть под напряжением.

4.1.11. Рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие контакты, обращенные к оператору, должны быть защищены несгораемыми кожухами без отверстий и щелей. Указанные рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они будут недоступны для неквалифицированного персонала.

4.1.12. На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения «включено» и «отключено».

4.1.13. Должна быть предусмотрена возможность снятия напряжения с каждого автоматического выключателя на время его ремонта или демонтажа. Для этой цели в необходимых местах должны быть установлены рубильники или другие отключающие аппараты.

Отключающий аппарат перед выключателем каждой отходящей от РУ линии предусматривать не требуется в электроустановках:

- с выдвижными выключателями;

- со стационарными выключателями, в которых на время ремонта или демонтажа данного выключателя допустимо снятие напряжения общим аппаратом с группы выключателей или со всего РУ;

- со стационарными выключателями, если обеспечена возможность безопасного демонтажа выключателей под напряжением с помощью изолированного инструмента.

Для указанных отключающих аппаратов специальный привод (например, рычажный) предусматривать не требуется.

4.1.14. Резьбовые (пробочные) предохранители должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам — к винтовой гильзе.

### **Шины, провода, кабели**

4.1.15. Между неподвижно укрепленными неизолированными токоведущими частями разной полярности, а также между ними и неизолированными нетоковедущими металлическими частями должны быть обеспечены расстояния не менее: 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху. От неизолированных токоведущих частей до ограждений должны быть обеспечены расстояния не менее: 100 мм при сетках и 40 мм при сплошных съёмных ограждениях.

4.1.16. В пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях, незащищенные изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на рабочее напряжение не ниже 660 В, могут прокладываться по металлическим, защищенным от коррозии поверхностям и притом вплотную один к другому. В этих случаях для силовых цепей должны применяться снижающие коэффициенты на токовые нагрузки, приведенные в Главе 1.3. ПУЭ. Раздел I.

4.1.17. Заземленные неизолированные провода, т.е. защитные (PE) проводники и шины могут быть проложены без изоляции. Нулевые рабочие (N) проводники, шины и совмещенные (PEN) проводники прокладываются с изоляцией.

4.1.18. Электропроводки цепей управления, измерения и т. п. должны соответствовать требованиям Главы 3.4. ПУЭ. Раздел III. Прокладка кабелей должна соответствовать требованиям Главы 2.3. ПУЭ. Раздел II. Проходы кабелей как снизу, так и сверху, внутрь панелей, шкафов и т. п. должны осуществляться через уплотняющие устройства, предотвращающие попадание внутрь пыли, влаги и посторонних предметов и т. п.

### **Конструкции распределительных устройств**

4.1.19. Корпуса панелей должны быть выполнены из несгораемых материалов, а конструкции кожухов и других частей устройств из несгораемых или трудносгораемых материалов. Это требование не распространяется на диспетчерские и им подобные пульты управления.

4.1.20. РУ должны быть выполнены так, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воз-

действиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов.

4.1.21. Поверхности гигроскопических изоляционных плит, на которых непосредственно монтируются неизолированные токоведущие части, должны быть защищены от проникновения в них влаги (пропиткой, окраской и т. п.).

В устройствах, устанавливаемых в сырых, особо сырых помещениях и открытых установках, применение гигроскопических изоляционных материалов (например, мрамора, асбестоцемента) не допускается.

В помещениях пыльных, сырых, особо сырых и на открытом воздухе следует устанавливать РУ, надежно защищенные от отрицательного воздействия окружающей среды.

### **Установка распределительных устройств в электропомещениях**

4.1.22. В электропомещениях (см. пункт 1.1.5 ПУЭ. Раздел I) проходы обслуживания, находящиеся с лицевой или с задней стороны щита, должны соответствовать следующим требованиям:

1. Ширина проходов в свету должна быть не менее 0,8 м; высота проходов в свету — не менее 1,9 м. В проходах не должны находиться предметы, которые могли бы стеснять передвижение людей и оборудования. В отдельных местах проходы могут быть стеснены выступающими строительными конструкциями, однако ширина прохода в этих местах должна быть не менее 0,6 м.

2. Расстояния от наиболее выступающих неогражденных неизолированных токоведущих частей (например, отключенных ножей рубильников), расположенных на доступной высоте (менее 2,2 м) по одну сторону прохода, до противоположной стены или оборудования, не имеющего неогражденных неизолированных токоведущих частей, должны быть не менее: при напряжении ниже 660 В — 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м; при напряжении 660 В и выше — 1,5 м. Длинной щита в данном случае называется длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной.

3. Расстояния между неогражденными неизолированными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2,2 м по обе стороны прохода, должны быть не менее: 1,5 м при напряжении ниже 660 В; 2,0 м при напряжении 660 В и выше.

4. Неизолированные токоведущие части, находящиеся на расстояниях, меньших приведенных в подпунктах 2 и 3 настоящего пункта Правил, должны быть ограждены.

5. Неогражденные неизолированные токоведущие части, размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м.

6. Ограждения, размещаемые над проходами, должны быть расположены на высоте не менее 1,9 м.

4.1.23. В качестве ограждения неизолированных токоведущих частей могут служить сетки с размерами ячеек не более 25 x 25 мм, а также сплошные или смешанные ограждения.

Высота ограждений должна быть не менее 1,7 м.

4.1.24. Проходы обслуживания щитов при длине щита более 7 м должны иметь два выхода. Выходы из прохода с монтажной стороны щита могут быть выполнены как в щитовое помещение, так и в другие помещения. При ширине прохода обслуживания более 3 м и отсутствии маслonaполненных аппаратов второй выход не обязателен.

Двери из помещений РУ должны открываться в сторону других помещений (за исключением помещений РУ выше 1 кВ переменного тока и выше 1,5 кВ постоянного тока) или наружу и иметь самозапирающиеся замки, отпираемые без ключа с внутренней стороны помещения.

Ширина дверей должна быть не менее 0,75 м, высота — не менее 1,9 м.

#### **Установка распределительных устройств в производственных помещениях**

4.1.25. РУ, установленные в помещениях, доступных для неинструктированного персонала, должны иметь токоведущие части, закрытые сплошными ограждениями.

В случае применения РУ с открытыми токоведущими частями оно должно быть ограждено. При этом ограждение должно быть сетчатым, сплошным или смешанным высотой не менее 1,7 м. Расстояние от сетчатого ограждения до неизолированных токоведущих частей устройства должно быть не менее 0,7 м, а от сплошных — в соответствии с пунктом 4.1.15 настоящих Правил. Ширина проходов принимается в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 4.1.22 настоящих Правил.

4.1.26. Оконцевание проводов и кабелей должно быть выполнено так, чтобы оно находилось внутри устройства.

4.1.27. Съёмные ограждения должны укрепляться так, чтобы их удаление было невозможно без применения инструмента. Дверцы должны запираются на ключ.

4.1.28. Установка комплектных распределительных устройств и подстанций (КРУ, КТП) должна соответствовать требованиям, приведенным в Главе 4.2. настоящих Правил для КРУ и КТП выше 1 кВ.

## **Установка распределительных устройств на открытом воздухе**

4.1.29. При установке РУ на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие требования:

1. Устройство должно быть расположено на спланированной площадке, на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки и должно иметь конструкцию, соответствующую условиям окружающей среды. В районах, где наблюдаются снежные заносы высотой 1 м и более, шкафы следует устанавливать на повышенных фундаментах.

2. В шкафах должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле, измерительных приборов и приборов учета в соответствии с требованиями государственных стандартов.

### **Глава 4.2. Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ**

#### **Область применения**

4.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные РУ и подстанции (далее — ПС) переменного тока напряжением выше 1 кВ. Правила не распространяются на специальные РУ и ПС, регламентируемые особыми техническими условиями, и на передвижные электроустановки.

#### **Общие требования**

4.2.2. Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции, изоляционные и другие расстояния должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы:

1) вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усиления, нагрев, электрическая дуга или другие сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т. п.) не могли привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыкания на землю, а также причинить вред обслуживающему персоналу;

2) при нарушении нормальных условий работы электроустановки была обеспечена необходимая локализация повреждений, обусловленных действием КЗ;

3) при снятом напряжении с какой-либо цепи, относящиеся к ней аппараты, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному

осмотру, замене и ремонтам без нарушения нормальной работы соседних цепей;

4) была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

Требования подпункта 3 настоящего пункта Правил не распространяются на РУ типа сборок выше 1 кВ в подстанциях, ремонт которых производится при отключении всего РУ.

4.2.3. При использовании разъединителей и отделителей при их наружной и внутренней установке для отключения и включения токов холостого хода силовых трансформаторов, зарядных токов воздушных и кабельных линий электропередачи и систем шин необходимо выполнять следующие требования:

1) разъединителями и отделителями напряжением 110 — 500 кВ независимо от климатических условий и степени промышленного загрязнения атмосферы при их наружной установке допускается отключать и включать ток холостого хода силовых трансформаторов и зарядные токи воздушных и кабельных линий, систем шин и присоединений, которые не превышают значений, указанных в Таблице 4.2.1;

2) разъединителями и отделителями напряжением 110 и 220 кВ при их внутренней установке со стандартными расстояниями между осями полюсов соответственно 2 и 3,5 м допускается отключать и включать токи холостого хода силовых (авто) трансформаторов при глухозаземленной нейтрали соответственно не более 4 и 2 А, а также зарядные токи присоединений не более 1,5 А;

3) указанные на рис. 4.2.1 расстояния по горизонтали *a*, *б*, *в* от колонок и концов горизонтально-поворотных (далее — ГП) подвижных контактов в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей соседних присоединений должны быть не меньше расстояний между осями полюсов *д*, указанных в Таблицах 4.2.1 и 4.2.2. Эти требования к расстояниям *a*, *б*, *в* по рис. 4.2.1 применимы и к разъединителям и отделителям напряжением 110 — 220 кВ при их внутренней установке по подпункту 2 настоящего пункта Правил.

Расстояния по вертикали *г* от концов вертикально-рубящих (далее — ВР) и ГП подвижных контактов до заземленных и токоведущих частей должны быть на 0,5 м больше расстояний *д*;

4) разъединителями и отделителями 6 — 35 кВ при их наружной и внутренней установке допускается отключать и включать токи холостого хода силовых трансформаторов, зарядные токи воздушных и кабельных линий электропередачи, а также токи замыкания на землю, которые не

превышают значений, указанных в Таблице 4.2.2 (см.рис. 4.2.1) и Таблице 4.2.3 (рис. 4.2.2, а и б).

Размеры изолирующих перегородок для стандартных трехполюсных разъединителей приведены в Таблице 4.2.4 в соответствии с рис. 4.2.2, а и б;

5) у разъединителей и отделителей, установленных горизонтально, спуски из гибкого провода прокладывают полого во избежание переброски на них дуги, не допуская расположения, близкого к вертикальному. Угол между горизонталью и прямой, соединяющей точку подвеса спуска и линейный зажим полюса, должен быть не более  $65^\circ$ .

Ошиновку из жестких шин выполнять так, чтобы на расстоянии  $v$  (см. рис. 4.2.1) шины подходили к разъединителям (отделителям) с подъемом или горизонтально. Недопустимое сближение шин с подвижными контактами у горизонтально-поворотных разъединителей и отделителей показано пунктиром;

6) для обеспечения безопасности персонала и защиты его от светового и теплового воздействия дуги над ручными приводами отделителей и разъединителей устанавливать козырьки или навесы из негорючего материала. Сооружение козырьков не требуется у разъединителей и отделителей напряжением 6 — 35 кВ, если отключаемый ток холостого хода не превышает 3 А, а отключаемый зарядный — 2 А;

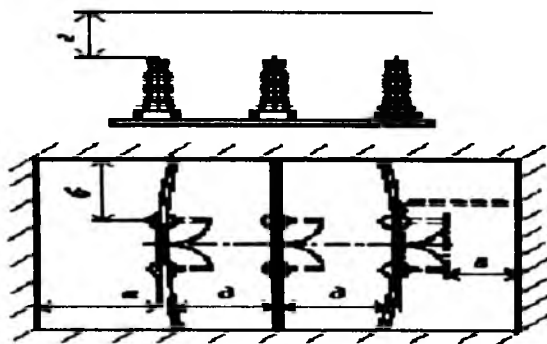


Рис. 4.2.1. Границы расположения открытых подвижных контактов разъединителя (отделителя) по отношению к заземленным и токоведущим частям.



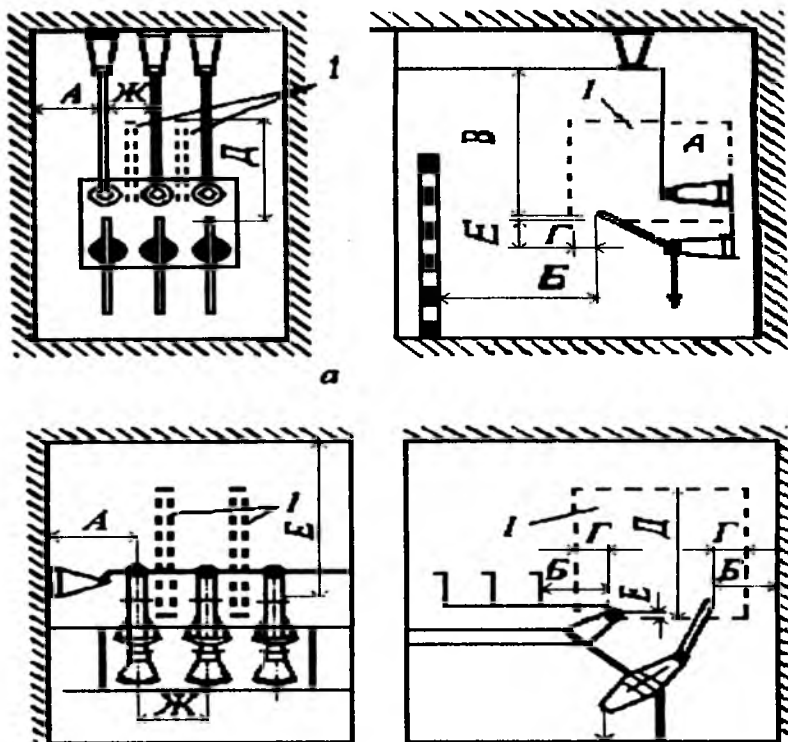


Рис. 4.2.2. Установка разъединителя (отделителя)

а — вертикальная; б — наклонная; I — изолирующие перегородки

Примечание. При изолирующих перегородках между полюсами отключаемые и включаемые токи в 1,5 раза больше значений, указанных в таблице 4 2 3.

**Наибольшие токи холостого хода и зарядные токи, отключаемые  
и включаемые разъединителями и отделителями 110-500 кВ**

Номинальное напряжение, кВ	Тип отделителя, разъединителя	Расстояние между осями полюсов $\delta$ , м (рис. 4.2.1)	Ток, А, не более	
			холостого хода	зарядный
110	ВР	2,0	6,0	2,5
		2,5	7,0	3,0
		3,0	9,0	3,5
	ГП	2,0	4,0	1,5
		2,5	6,0	2,0
		3,0	8,0	3,0
3,5		10,0	3,5	
220	ВР	3,5	3,0	1,0
		4,0	5,0	1,5
		4,5	8,0	2,0
	ГП	3,5	3,0	1,0
		4,0	5,0	1,5
		4,5	8,0	1,0
500	ВР	7,5	5,0	2,0
	ГП	8,0	6,0	2,5
	ПН	8,0	5,0	2,0
	ПНЗ	7,5	5,5	2,5

Примечания: 1. ВР — вертикально-рубящий, ГП — горизонтально-поворотный, ПН — подвесной, ПНЗ — подвесной с опережающим отключением и отстающим включением полюса фазы В.

2. Приведены результирующие токи холостого хода с учетом взаимной компенсации индуктивных токов ненагруженных трансформаторов зарядными токами их присоединений и зарядных токов воздушных или кабельных присоединений индуктивными токами ненагруженных трансформаторов.

**Наибольшие токи холостого хода и зарядные токи,  
токи замыкания на землю, отключаемые и включаемые  
разъединителями и отделителями 6 — 35 кВ**

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между осями полюсов $\delta$ , м (рис. 4.2.1)	Ток, А, не более		
		холостого хода	зарядный	замыкания на землю
6	0,4	2,5	5,0	7,5
10	0,5	2,5	4,0	6,0
35	1,0	3,0	2,0	3,0
35	2,0	5,0	3,0	5,0

Таблица 4.2.3

**Наибольшие токи холостого хода и зарядные токи,  
токи замыкания на землю, отключаемые и включаемые  
разъединителями и отделителями 6 — 35 кВ**

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между осями полюсов Ж, м (рис. 4.2.2)	Наименьшее расстояние до заземленных и токоведущих частей, м (рис. 4.2.2.)			Ток, А, не более		
		А	Б	В	Холостого хода	Зарядный	Замыкания на землю
6	0,2	0,2	0,2	0,5	3,5	2,5	4,0
10	0,25	0,3	0,3	0,7	3,0	2,0	3,0
35	0,45	0,5	0,5	1,5	2,5	1,0	1,5

Таблица 4.2.4

**Размеры изолирующих перегородок**

Номинальное напряжение, кВ	Размеры изолирующих перегородок, м (рис. 4.2.2.)		
	Г	Д	Е
6	0,1	0,5	0,05
10	0,65	0,65	0,05
35	0,25	1,8	0,05

7) приводы трехполюсных разъединителей 6—35 кВ при их внутренней установке, если они не отделены от разъединителей стеной или перекрытием, снабжать глухим щитом, расположенным между приводом и разъединителем;

8) в электроустановках напряжением 35, 110 и 220 кВ с разъединителями и отделителями в одной цепи отключение ненагруженного трансформатора

тора, автотрансформатора, системы шин, линий электропередачи производить дистанционно отделителем, включение — разъединителем.

4.2.4. Выбор аппаратов, проводников и изоляторов по условиям КЗ должен производиться в соответствии с Главой 1.4. ПУЭ. Раздел I.

4.2.5. Конструкции, на которых установлено и закреплено указанное в пункте 4.2.4 настоящих Правил электрооборудование, аппараты, токоведущие части и изоляторы должны выдерживать нагрузки от их веса, тяжения, коммутационных операций, воздействия ветра, гололеда и КЗ, а также сейсмических воздействий.

Строительные конструкции, находящиеся вблизи токоведущих частей и доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока до температуры 50 °С и выше; недоступные для прикосновения — до 70 °С и выше.

Конструкции могут не проверяться на нагрев, если по находящимся вблизи них токоведущим частям проходит переменный ток 1000 А и менее.

4.2.6. Во всех цепях РУ должна быть предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения всех аппаратов (выключателей, отделителей, предохранителей, трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и т. п.) каждой цепи от сборных шин, а также от других источников напряжения.

Указанное требование не распространяется на шкафы КРУ и КРУН с выкатными тележками, высокочастотные заградители и конденсаторы связи, трансформаторы напряжения, устанавливаемые на отходящих линиях, разрядники, устанавливаемые на выводах трансформаторов и на отходящих линиях, а также на силовые трансформаторы с кабельными вводами.

В отдельных случаях, обусловленных конструктивными или схемными соображениями, допускается устанавливать трансформаторы тока до разъединителя, отсоединяющего остальные аппараты цепи от источников напряжения.

4.2.7. Выключатель или его привод должен иметь хорошо видимый и надежно работающий указатель положения («включено», «отключено»). Применение сигнальных ламп в качестве единственных указателей положения выключателя не допускается. Если выключатель не имеет открытых контактов и его привод отделен стеной от выключателя, то указатель должен быть и на выключателе, и на приводе.

4.2.8. При расположении РУ и ПС в местах, где воздух может содержать вещества, ухудшающие работу изоляции или разрушающе действующие на оборудование и шины, должны быть приняты меры, обеспечивающие надежную работу установки: применена усиленная изоляция;

применены шины из материала, стойкого к воздействию окружающей среды, или покраска их защитным покрытием; РУ и ПС расположены со стороны господствующего направления ветра; РУ и ПС выполнены по наиболее простым схемам; закрытое исполнение РУ и ПС, защищенное от проникновения пыли, вредных газов или паров в помещение.

При сооружении ОРУ вблизи морских побережий, соленых озер, химических предприятий, а также в местах, где длительным опытом эксплуатации установлено разрушение алюминия от коррозии, следует применять специальные алюминиевые и сталеалюминиевые провода, защищенные от коррозии.

4.2.9. При расположении РУ и ПС на высоте более 1000 м над уровнем моря воздушные изоляционные промежутки, подвесная изоляция и внешняя изоляция электрооборудования должны выбираться в соответствии с требованиями, приведенными в пунктах 4.2.42, 4.2.43, 4.2.71, 4.2.72 настоящих Правил, с учетом поправок, компенсирующих снижение электрической прочности изоляции при пониженном давлении атмосферы.

4.2.10. В ОРУ, КРУ, КРУН и в неотапливаемых ЗРУ, где температура окружающего воздуха может быть ниже допустимой для оборудования, должен быть предусмотрен подогрев в соответствии с требованиями завода-изготовителя.

4.2.11. Ошиновка РУ и ПС должна выполняться, как правило, из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения.

Токопроводы следует выполнять в соответствии с требованиями Главы 2.2. ПУЭ. Раздел II.

4.2.12. Обозначение фаз электрооборудования и ошиновки РУ и ПС должно выполняться в соответствии с требованиями Главы 1.1. ПУЭ. Раздел I.

4.2.13. РУ 3 кВ и выше должны быть оборудованы оперативной блокировкой, исключающей возможность:

включения выключателей, отделителей и разъединителей на заземляющие ножи и короткозамыкатели;

включения заземляющих ножей на ошиновку, не отделенную разъединителями от ошиновки, находящейся под напряжением;

отключения и включения отделителями и разъединителями тока нагрузки, если это не предусмотрено конструкцией аппарата.

На заземляющих ножах линейных разъединителей со стороны линии допускается устанавливать только механическую блокировку с приводом

разъединителя и приспособление для запираания заземляющих ножей замками в отключенном положении.

Для РУ с простыми схемами электрических соединений рекомендуется применять механическую (ключевую) оперативную блокировку, а во всех остальных случаях — электромагнитную. Приводы разъединителей, доступные для посторонних лиц, должны иметь приспособления для запираания их замками в отключенном и включенном положениях.

4.2.14. РУ и ПС выше 1 кВ должны быть оборудованы стационарными заземляющими ножами, обеспечивающими в соответствии с требованиями безопасности заземление аппаратов и ошиновки, как правило, без применения переносных заземлений.

Заземляющие ножи должны быть окрашены в черный цвет. Рукоятки приводов заземляющих ножей должны быть окрашены в красный цвет, а рукоятки других приводов — в цвета оборудования.

В местах, в которых стационарные заземляющие ножи не могут быть применены, на токоведущих и заземляющих шинах должны быть подготовлены контактные поверхности для присоединения переносных заземляющих проводников.

При наличии трансформаторов напряжения заземление сборных шин должно осуществляться, как правило, заземляющими ножами разъединителей трансформаторов напряжения.

4.2.15. Стчатые и смешанные ограждения токоведущих частей и электрооборудования должны иметь высоту над уровнем планировки для ОРУ и открыто установленных трансформаторов 2 или 1,6 м (с учетом требований пунктов 4.2.46 и 4.2.47 настоящих Правил), а над уровнем пола для ЗРУ и трансформаторов, установленных внутри здания, 1,9 м; сетки должны иметь отверстия размером не менее 10 x 10 мм и не более 25 x 25 мм, а также приспособления для запираания их на замок. Нижняя кромка этих ограждений в ОРУ должна располагаться на высоте 0,1 — 0,2 м, а в ЗРУ — на уровне пола.

Внешние ограждения должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 4.2.28 настоящих Правил.

Применение барьеров допускается при входе в камеры выключателей, трансформаторов и других аппаратов для осмотра камер при наличии напряжения на токоведущих частях. Барьеры должны устанавливаться на высоте 1,2 м и быть съемными. При высоте пола камер над уровнем земли более 0,3 м необходимо оставить между дверью и барьером расстояние не менее 0,5 м или предусмотреть площадку перед дверью для осмотра.

4.2.16. В случае, когда деформации проводов (шин), обусловленные изменениями температуры, вибрацией и т. п., могут вызывать опасные ме-

ханические напряжения в проводах или изоляторах, следует предусматривать меры, исключаяющие возникновение таких напряжений (компенсаторы, ослабленное тяжение и т. п.).

4.2.17. Указатели уровня и температуры масла маслонаполненных трансформаторов и аппаратов и другие указатели, характеризующие состояние оборудования, должны быть расположены таким образом, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для доступа к ним и наблюдения за ними без снятия напряжения (например, со стороны прохода в камеру).

Для отбора проб масла расстояние от уровня пола или поверхности земли до крана трансформатора или аппарата должно быть не менее 0,2 м или должен быть предусмотрен соответствующий приямок.

4.2.18. Электропроводка цепей защиты, автоматики, измерения, сигнализации и освещения, проложенная по электротехническим устройствам с масляным наполнением, должна быть выполнена проводами с маслостойкой изоляцией.

4.2.19. Трансформаторы, реакторы и конденсаторы наружной установки для уменьшения нагрева прямыми лучами солнца должны окрашиваться в светлые тона красками, стойкими к атмосферным воздействиям и воздействию масла.

4.2.20. РУ и ПС должны быть оборудованы электрическим освещением. Осветительная арматура должна быть установлена таким образом, чтобы было обеспечено ее безопасное обслуживание.

4.2.21. РУ и ПС должны быть обеспечены телефонной и другими видами связи в соответствии с принятой системой обслуживания.

4.2.22. Размещение РУ и ПС, генеральный план и инженерная подготовка территории, и защита их от затопления, оползней, лавин и т. п. должны быть выполнены в соответствии с требованиями КМК.

4.2.23. Компоновка и конструктивное выполнение ОРУ и ЗРУ должны предусматривать возможность применения механизмов, в том числе специальных, для производства монтажных и ремонтных работ.

4.2.24. Расстояния между РУ (ПС) и деревьями высотой более 4 м должны быть такими, чтобы исключались повреждения оборудования и ошиновки при падении дерева.

4.2.25. Для РУ и ПС, размещаемых в районе жилой и промышленной застройки, должны предусматриваться мероприятия по снижению шума, создаваемого работающим электрооборудованием (трансформаторами, синхронными компенсаторами и т. п.), до значений, указанных в КМК «Защита от шума».

4.2.26. РУ и ПС с постоянным дежурством персонала, с постоянно находящимся на них оперативно-ремонтным персоналом, а также при наличии вблизи них жилых зданий должны быть обеспечены питьевой водой путем устройства хозяйственно-питьевого водопровода, сооружения артезианских скважин или колодцев.

4.2.27. Для РУ и ПС с постоянным дежурством персонала, имеющих водопровод, должны быть устроены утепленные уборные с канализацией. При отсутствии вблизи подстанций канализационных магистралей допускается выполнение местных канализационных устройств (отстойники, фильтры). Для ПС без постоянного дежурства персонала допускается устройство не утепленных уборных с водонепроницаемыми выгребами.

При расположении ПС 110 кВ и выше без постоянного дежурства персонала вблизи существующих систем водоснабжения и канализации (на расстоянии до 0,5 км) в здании общеподстанционного пункта управления (далее — ОПУ) должны предусматриваться санитарные канализованные узлы.

4.2.28. Территория ОРУ и ПС должны быть ограждены внешним забором высотой 1,8 — 2,0 м. Внешние заборы высотой более 2,0 м могут применяться в местах с высокими снежными заносами, а также для подстанций со специальным режимом допуска на их территорию.

Вспомогательные сооружения (мастерские, склады, ОПУ и т. п.), расположенные на территории ОРУ, следует огораживать внутренним забором высотой 1,6 м.

При расположении ОРУ (ПС) на территории электростанций эти ОРУ (ПС) должны быть ограждены внутренним забором высотой 1,6 м.

Заборы могут быть сплошными, сетчатыми или решетчатыми.

Заборы могут не предусматриваться:

для закрытых ПС, расположенных на охраняемой территории промышленного предприятия;

для закрытых ПС, расположенных на территории городов и поселков;

для столбовых ПС (см. также пункт 4.2.134 настоящих Правил).

4.2.29. Металлические конструкции ЗРУ, ОРУ и ПС, а также подземные части металлических и железобетонных конструкций должны быть защищены от коррозии.

4.2.30. Для территории ОРУ и ПС, на которых в нормальных условиях эксплуатации из аппаратной маслохозяйства, со складов масла, из машинных помещений, а также из трансформаторов и выключателей при ремонтных и других работах могут иметь место утечки масла, должны предусматриваться устройства для его сбора и удаления с целью исключить возможность попадания масла в водосмы.



4.2.31. В качестве оперативного тока на ПС должен применяться переносимый ток во всех случаях, когда это возможно и ведет к упрощению и удешевлению электроустановок при обеспечении необходимой надежности их работы.

### **Открытые распределительные устройства**

4.2.32. В ОРУ 110 кВ и выше должен быть предусмотрен проезд вдоль выключателей для передвижных монтажно-ремонтных механизмов и приспособлений, а также передвижных лабораторий; габарит проезда должен быть не менее 4 м по ширине и высоте.

Для ОРУ на территориях промышленных предприятий при стесненных условиях требования настоящего параграфа не обязательны.

4.2.33. Соединение гибких проводов в пролетах должно выполняться, как правило, опрессовкой, а соединение в петлях у опор, присоединение ответвлений в пролете и присоединение к аппаратным зажимам — сваркой или опрессовкой. При этом присоединение ответвлений в пролете должно выполняться без разрезания проводов пролета.

Пайка и скрутка проводов не допускается.

Болтовое соединение допускается только на зажимах аппаратов и на ответвлениях к разрядникам, конденсаторам связи и трансформаторам напряжения, а также для временных установок, для которых применение неразъемных соединений требует большого объема работ по перемотажу шин.

Гирлянды изоляторов для подвески шин в ОРУ могут быть одноцепными. Если одноцепная гирлянда не удовлетворяет условиям механических нагрузок, то следует применять двухцепную.

Разделительные (врезные) гирлянды не допускаются, за исключением гирлянд, с помощью которых осуществляется подвеска высокочастотных заградителей.

Закрепления гибких шин и тросов в натяжных и подвесных зажимах в отношении прочности должны соответствовать требованиям, приведенным в пунктах 2.5.82, 2.5.84 и 2.5.85 ПУЭ. Раздел II.

4.2.34. Ответвления от сборных шин ОРУ, как правило, должны располагаться ниже сборных шин. Подвеска ошиновки одним пролетом над двумя и более секциями или системами сборных шин не допускается.

4.2.35. Нагрузки на шины и конструкции от ветра и гололеда, а также расчетные температуры воздуха должны определяться в соответствии с требованиями Главы 2.5. ПУЭ. Раздел II.

При определении нагрузок на гибкие шины должен учитываться и вес гирлянды изоляторов и спусков к аппаратам и трансформаторам.

При определении нагрузок на конструкции следует учитывать дополнительные нагрузки от массы человека с инструментом и монтажных приспособлений: 200 кг — при применении гирлянд изоляторов для анкерных опор и 150 кг — для промежуточных; 100 кг — при опорных изоляторах.

Тяжение спусков от шин к аппаратам ОРУ не должно вызывать недопустимые механические напряжения при низких температурах и недопустимое сближение проводов при сильном ветре.

4.2.36. Коэффициент запаса механической прочности для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в пункте 4.2.35 настоящих Правил, должен быть не менее 3 по отношению к их временному сопротивлению разрыву.

4.2.37. Коэффициент запаса механической прочности для подвесных изоляторов при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в пункте 4.2.35 настоящих Правил, должен быть не менее 4 по отношению к гарантированной минимальной разрушающей нагрузке целого изолятора (механической или электромеханической в зависимости от требования государственных стандартов на примененный тип изолятора).

4.2.38. Расчетные механические усилия, передающиеся при КЗ жесткими шинами на опорные изоляторы, должны приниматься в соответствии с пунктом 1.4.15 ПУЭ. Раздел I.

4.2.39. Коэффициент запаса механической прочности в цепной арматуре для гибких шин при нагрузках, соответствующих требованиям, приведенным в пункте 4.2.35 настоящих Правил, должен быть не менее 3 по отношению к минимальной разрушающей нагрузке.

4.2.40. Опоры для подвески шин ОРУ должны выполняться сборными железобетонными или из стали.

4.2.41. Опоры для крепления шин ОРУ выполняются и рассчитываются как промежуточные или концевые в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.5. ПУЭ. Раздел II. Промежуточные опоры, временно используемые как концевые, должны быть усилены при помощи оттяжек.

4.2.42. Количество подвесных и опорных изоляторов, внешняя изоляция электрооборудования РУ выбираются в соответствии с инструкцией по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой.

4.2.43. Расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями  $A_{\phi-3}$  и между токоведущими частями разных фаз  $A_{\phi-\phi}$  должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 (рис. 4.2.3).

В случае, если в высокогорных установках расстояния между фазами увеличиваются по сравнению с приведенными в Таблице 4.2.5 на основании проверки на корону, соответственно должны быть увеличены и расстояния до заземленных частей.

Наименьшее расстояние от токоведущих частей до различных элементов ОРУ (ПС) в свету по рис. 4.2.3 — 4.2.12

Номер рисунка	Наименование расстояния	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм, для номинального напряжения, кВ					
			до 10	35	110	220	500	
4.2.3.	От токоведущих частей или от элементов оборудования и изоляции, находящихся под напряжением, до заземленных конструкций или постоянных внутренних ограждений высотой не менее 2 м	А <sub>Ф-3</sub>	200	400	900	1800	3750	
4.2.4.			А <sub>Ф-4</sub>	220	440	1000	2000	4200
4.2.5.				950	1150	1650	2550	4500
4.2.8.	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях при обслуживаемой нижней цепи и неотключаемой верхней	В	950	1150	1650	3000	5000	
4.2.6.	От неогражденных токоведущих частей до земли или до кровли зданий при наибольшем провисании проводов	Г	2900	3100	3600	4500	6450	
4.2.12								

4.2.8.	Между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях, а также между токоведущими частями разных цепей по горизонтали при обслуживании одной цепи и отсоединенной другой, от токоведущих частей до верхней кромки внешнего забора, между токоведущими частями и зданиями или сооружениями	Л	2200	2400	2900	3800	5750
4.2.9.		Ж	240	485	1100	2200	4600
4.2.10.							
4.2.12.							
4.2.11.	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошиновки, присоединенной ко второму контакту	Ж	240	485	1100	2200	4600

Примечание 1. Для элементов изоляции, находящихся под распределенным потенциалом, изоляционные расстояния следует принимать с учетом фактических значений потенциалов в разных точках поверхности. При отсутствии данных о распределении потенциала следует условно принимать прямилинейный закон падения потенциала вдоль изоляции от полного номинального напряжения (со стороны токоведущих частей) до нуля (со стороны заземленных частей).

2. Расстояние от токоведущих частей или от элемента изоляции (со стороны токоведущих частей), находящихся под напряжением, до габаритов трансформаторов, транспортируемых по железнодорожным путям, уложенным на бетонном основании сооружений гидроэлектростанций, допускается принимать менее размера  $B$ , но не менее размера  $A_{21}$ .

3. Расстояния  $A_{21}$  и  $A_{22}$  в электроустановках с напряжением 220 кВ и выше, расположенных на высоте более 1000 метров над уровнем моря, должны быть увеличены в соответствии с требованиями государственного стандарта «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции».

4.2.44. Расстояния в свету при гибких шинах (рис. 4.2.4) между токоведущими и заземленными частями  $A_{\phi-з,г}$ , а также между токоведущими частями  $A_{\phi-\phi,г}$  при их расположении в одной горизонтальной плоскости должны быть не менее

$$A_{\phi-з,г} = A_{\phi-з} + a;$$

$$A_{\phi-\phi,г} = A_{\phi-\phi} + a,$$

где  $a = f \sin \alpha$ ;  $f$  - стрела провеса провода при температуре плюс 15 °С, м;  
 $\alpha = \arctg(P/Q)$ ;

$Q$  - вес провода на 1 м длины, даН/м;  $P$  - скоростной напор ветра на 1 м длины провода, даН/м; при этом скорость ветра принимается равной 60 %, значения, выбранного при расчете строительных конструкций.

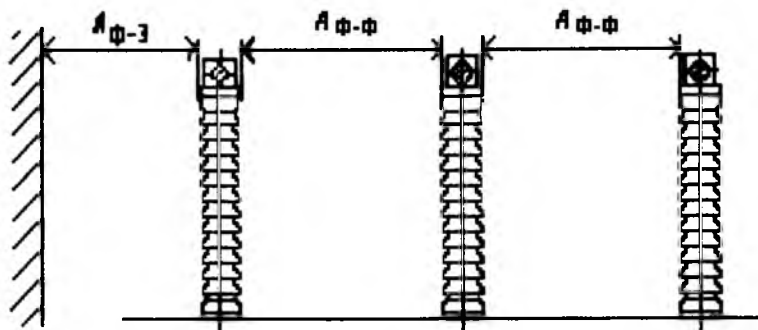


Рис. 4.2.3 Наименьшие расстояния в свету при жестких шинах между токоведущими и заземленными частями ( $A_{\phi-з}$ ) и между токоведущими частями разных фаз ( $A_{\phi-\phi}$ )

4.2.45. При токах трехфазного КЗ 20 кА и более гибкие шины РУ следует проверять на исключение возможности схлестывания или опасного в отношении пробоя сближения фаз в результате динамического действия тока КЗ.

Наименьшие допустимые расстояния в свету между находящимися под напряжением соседними фазами в момент их наибольшего сближения под действием токов

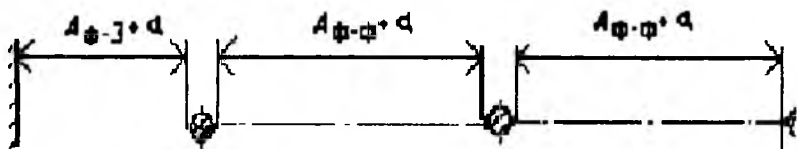


Рис. 4.2.4 Наименьшие расстояния в свету при гибких шинах между токоведущими и заземленными частями и между токоведущими частями разных фаз, расположенными в одной горизонтальной плоскости

КЗ должны соответствовать наименьшим воздушным промежуткам на ВЛ, принимаемым по наибольшему рабочему напряжению и приведенным в Главе 2.5. ПУЭ. Раздел II.

В гибких токопроводах, выполненных из нескольких проводов в фазе, должны устанавливаться дистанционные распорки.

4.2.46. Расстояния по горизонтали от токоведущих и незаземленных частей или элементов изоляции (со стороны токоведущих частей) до постоянных внутренних ограждений в зависимости от их высоты должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера  $B$  при высоте ограждения 1,6 м и для размера  $A_{ф-з}$  при высоте ограждения 2 м. При расположении этих частей или элементов выше ограждений эти расстояния должны быть выдержаны и выше ограждений до высоты 2,7 м в плоскости ограждения (рис. 4.2.5).

Расстояния от точки, расположенной на высоте 2,7 м в плоскости ограждения, до этих частей или элементов должны быть не менее  $A_{ф-з}$  (рис. 4.2.5).

4.2.47. Токоведущие части (выводы, шины, спуски и т. п.) могут не иметь внутренних ограждений, если они расположены над уровнем планировки или уровнем сооружения (например, плиты кабельных каналов или лотков, по которым могут ходить люди) на высоте не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера  $\Gamma$  (рис. 4.2.6).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройств высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром, должны быть расположены на высоте не менее 2,5 м. При этом рекомендуется устанавливать фильтр на высоте, позволяющей производить ремонт (настройку) фильтра без снятия напряжения с оборудования присоединения.

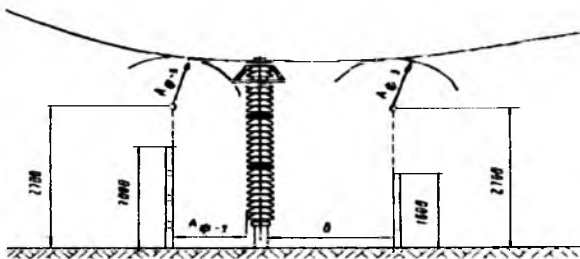


Рис. 4.2.5. Наименьшие расстояния от токоведущих частей и элементов изоляции, находящихся под напряжением, до постоянных внутренних ограждений

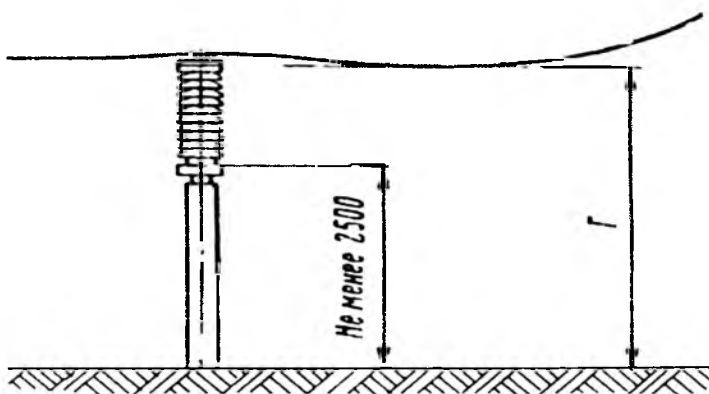


Рис. 4.2.6. Наименьшие расстояния от неогражденных токоведущих частей и от нижней кромки фарфора изоляторов до земли

Трансформаторы и аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем планировки или уровнем сооружения (плиты кабельных каналов или лотков и т. п.) на высоте не менее 2,5 м, разрешается не ограждать (рис. 4.2.6). При меньшей высоте оборудование должно иметь постоянное ограждение, удовлетворяющее требованиям пункта 4.2.26 настоящих Правил и находящееся от трансформаторов и аппаратов на расстоянии не менее приведенного в пункте 4.2.46 настоящих Правил.

Требование к открытой установке трансформаторов у стен зданий см. в пункте 4.2.58 настоящих Правил..

4.2.48. Неограждаемые токоведущие части должны быть расположены так, чтобы расстояния от них до габаритов машин, механизмов и транспортируемого оборудования (см. пункт 4.2.32 настоящих Правил) были не менее значений, приведенных для размера  $B$  в Таблице 4.2.5 (рис. 4.2.7).

4.2.49. Расстояния между ближайшими неогражденными токоведущими частями разных цепей должны выбираться из условия обслуживания одной цепи при неотключенной второй. При расположении неогражденных токоведущих частей разных цепей в разных (в параллельных или перпендикулярных) плоскостях расстояния должны быть по вертикали не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера  $B$ , а по горизонтали – для размера  $D$  (рис. 4.2.8). При наличии различных напряжений размеры  $B$  и  $D$  принимаются по наиболее высокому напряжению. При этом размер  $B$  предусматривает обслуживание нижней цепи при неотключенной верхней, а размер  $D$  – обслуживание одной цепи при неотключенной второй.

Если такое обслуживание не предусматривается, расстояния между токоведущими частями разных цепей в разных плоскостях должны приниматься в соответствии с пунктами 4.2.43 и 4.2.44 настоящих Правил; при этом должна быть учтена возможность сближения проводов в условиях эксплуатации (под влиянием ветра, гололеда, температуры).

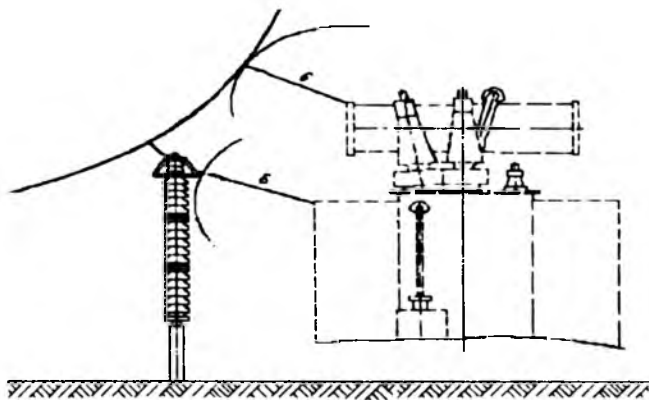


Рис. 4.2.7. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до транспортируемого оборудования



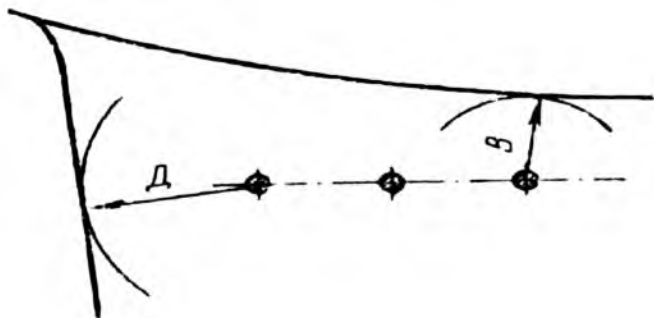


Рис. 4.2.8. Наименьшие расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в различных плоскостях, с обслуживанием нижней цепи при неотключенной верхней.

4.2.50. Расстояния между токоведущими частями разных цепей, расположенных в одной горизонтальной плоскости, устанавливаются по высшему напряжению и должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера  $D$  (рис. 4.2.9). Размер  $D$  предусматривает обслуживание одной цепи при неотключенной другой.

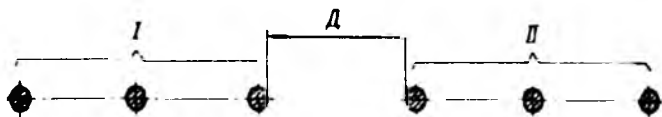


Рис. 4.2.9. Наименьшие расстояния по горизонтали между токоведущими частями разных цепей с обслуживанием одной цепи при не отключенной другой

4.2.51. Расстояния между токоведущими частями и верхней кромкой внешнего забора должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера  $D$  (рис. 4.2.10). При этом расстояния по вертикали от токоведущих частей до земли вне территории ОРУ (ПС) должны быть не менее указанных в первом и третьем абзацах пункта 4.2.76 настоящих Правил.

4.2.52. Расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных частей должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера  $A_{ф.з.}$  до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, — не менее значений для размера

Ж, до ошиновки других присоединений — не менее значений для размера Б (рис. 4.2.11)

4.2.53. Расстояния между токоведущими частями ОРУ и зданиями или сооружениями (ЗРУ, щит управления, трансформаторная башня и др.) должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5 для размера Д, а расстояния по вертикали между токоведущими частями и перечисленными выше сооружениями — не менее размера Г (рис. 4.2.12); см. также пункт 4.2.77 настоящих Правил.

4.2.54. Прокладка воздушных осветительных линий, линий связи и сигнализации над и под токоведущими частями ОРУ не допускается.

4.2.55. Расстояния от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей ПС должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.6.

Для районов с расчетными температурами наружного воздуха ниже минус 36 °С приведенные в Таблице 4.2.6 расстояния должны быть увеличены на 25 %, а с температурами выше минус 20 °С — уменьшены на 25 %. Для реконструируемых объектов приведенные в Таблице 4.2.6 расстояния допускается уменьшать, но не более чем на 25 %

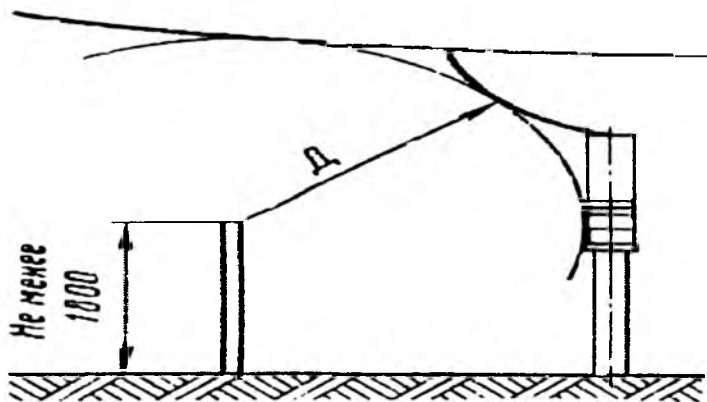


Рис. 4.2.10. Наименьшие расстояния от токоведущих частей до верхней кромки внешнего ограждения

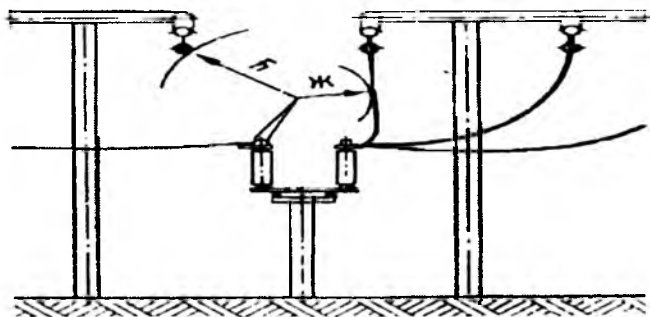


Рис. 4.2.11. Наименьшие расстояния от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до заземленных и токоведущих частей.

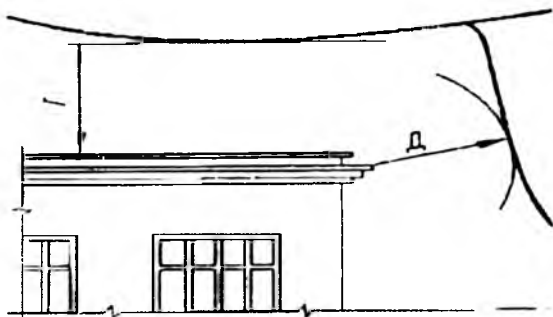


Рис. 4.2.12. Наименьшие расстояния между токоведущими частями и зданиями и сооружениями

4.2.56. Расстояния от маслонаполненного оборудования с массой масла в единице оборудования 60 кг и более до зданий с производствами категорий В, Г, Д на территории промышленных предприятий и до вспомогательных сооружений (мастерские, склады) на территории электростанций и ПС, а также до жилых и общественных зданий должны быть не менее (исключения для категорий Г и Д смотри в пункте 4.2.58 настоящих Правил): 16 м при степенях огнестойкости этих зданий и сооружений I и II; 20 м при степени огнестойкости III; 24 м при степенях огнестойкости IV и V.

Расстояния от маслонаполненного оборудования до взрывоопасных зон и помещений следует принимать по Главе 7.3. ПУЭ. Раздел VII.

Расстояния между отдельными зданиями ПС в зависимости от степени их огнестойкости следует принимать по СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий».

Противопожарные расстояния от зданий трансформаторной мастерской и аппаратной маслохозяйства, а также от складов масла до ограды ОРУ должны быть не менее 6 м.

Расстояния от зданий ЗРУ до других производственных зданий электростанций и ПС должны быть не менее 7 м. Указанные расстояния могут не соблюдаться при условии, что стена ЗРУ, обращенная в сторону другого здания, будет сооружена как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 ч.

Расстояния от складов водорода до зданий ПС и опор ВЛ должны быть не менее указанных в Таблице 4.2.7.

Расстояния от складов водорода до ОРУ, трансформаторов, синхронных компенсаторов должны быть не менее 50 м.

Степень огнестойкости зданий и категории производства принимаются по КМК.

4.2.57. Расстояния от маслonaполненного электрооборудования ОРУ электростанций и ПС до зданий ЗРУ, щитов, компрессорных и блоков синхронных компенсаторов определяются только технологическими требованиями и не должны увеличиваться по пожарным условиям.

4.2.58. При установке у стен зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам) маслonaполненных трансформаторов, обслуживающих эти производства, на расстоянии от них более 10 м и вне пределов участков шириной  $B$  (рис. 4.2.13) специальных требований к стенам, окнам и дверям не предъявляется.

При меньшем расстоянии до трансформаторов в пределах участков шириной  $B$  должны выполняться следующие требования:

1. Окна до высоты  $d$  (до уровня крышки трансформаторов) не допускаются.

2. При расстоянии  $z$  менее 5 м и степенях огнестойкости зданий IV и V стена здания должна выполняться как противопожарная с пределом огнестойкости 2,5 ч и возвышаться над кровлей, выполненной из сгораемого материала, не менее чем на 0,7 м.

3. При расстоянии  $z$  менее 5 м и степенях огнестойкости зданий I, II и III, а также при расстоянии  $z$  5 м и более без ограничения по огнестойкости на высоте от  $d$  и  $d+e$  допускаются неоткрывающиеся окна с заполнением армированным стеклом или стеклоблоками, с рамами, имеющими предел огнестойкости не менее 0,75 ч и выполненными из несгораемого материала; выше  $d+e$  — окна, открывающиеся внутрь здания, с проемами, снаб-

женными снаружи металлическими сетками с отверстиями не более 25x25мм.

4. При расстоянии  $z$  до 5 м на высоте менее  $d$ , а также при  $z$  5 м и более на любой высоте допускаются двери, выполняемые из негоряемого или трудносгораемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

5. Вентиляционные приемные отверстия в стене здания при расстоянии  $z$  до 5 м не допускаются, вытяжные отверстия с выбросом незагрязненного воздуха в указанном пределе допускаются на высоте  $d$ .

6. Расстояние  $b$  смотри в пункте 4.2.221 настоящих Правил, расстояние  $z$  должно быть не менее 0,8 м.

7. Вдоль всех трансформаторов следует предусматривать проезд шириной не

менее 3 м или пожарный подъезд к каждому из них.

Таблица 4.2.6.

**Наименьшее расстояние от открыто установленных электротехнических устройств до водоохладителей ПС.**

Водоохладитель	Расстояние, м
Брызгальные устройства и открытые градирни	80
Башенные и одновентиляторные градирни	30
Секционные вентиляторные градирни	42

Таблица 4.2.7.

**Наименьшее расстояние от складов водорода до зданий ПС и опор ВЛ**

Количество хранимых на складе баллонов	Расстояние, м	
	до зданий подстанций	до опор ВЛ
До 500	20	1,5 высоты опоры
Более 500	25	1,5 высоты опоры

Приведенные на рис. 4.2.13 размеры  $a$  —  $z$  и  $A$  принимаются до наиболее выступающих частей трансформаторов на высоте менее 1,9 м от поверхности земли. При единичной мощности трансформаторов до 1,6 МВ  $A \geq 1,5$  м,  $e \geq 8$  м; более 1,6 МВ  $A \geq 2$  м;  $e \geq 10$  м.

Требования настоящего параграфа распространяются также на КТП наружной установки.

4.2.59. Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с массой масла более 1 т в единице (одном баке) и баковых выключателей 110 кВ и выше должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслоборники с соблюдением следующих требований:

1. Габариты маслоприемника должны выступать за габариты единичного электрооборудования не менее чем на 0,6 м при массе масла до 2 т; 1 м при массе более 2 до 10 т; 1,5 м при массе более 10 до 50 т; 2 м при массе более 50 т. При этом габарит маслоприемника может быть принят меньшим на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора на расстоянии менее 2 м.

Объем маслоприемника должен быть рассчитан на одновременный прием 100 % масла, содержащегося в корпусе трансформатора (реактора).

У баковых выключателей маслоприемники должны быть рассчитаны на прием 80 % масла, содержащегося в одном баке.

2. Устройство маслоприемников и маслоотводов должно исключать переток масла (воды) из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным и другим подземным сооружениям, распространение пожара, засорение маслоотвода и забивку его снегом, льдом и т. п.

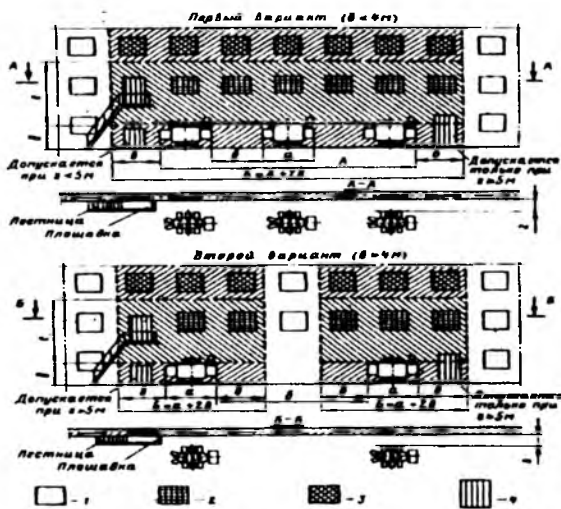


Рис. 4.2.13. Требования к открытой установке маслонаполненных трансформаторов у зданий с производствами категорий Г и Д (по противопожарным нормам)

- 1 — обычное окно; 2 — несоткрывающееся окно с несгораемым заполнением;  
3 — окно, открывающееся внутрь здания, с металлической сеткой снаружи;  
4 — огнестойкая дверь

3. Для трансформаторов (реакторов) мощностью до 10 МВ·А допускается выполнение маслоприемников без отвода масла. При этом маслоприемники должны выполняться заглубленными, рассчитанными на полный объем масла, содержащегося в установленном над ними оборудовании, и закрываться металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан толщиной не менее 0,25 м слой чистого гравия или промытого гранитного щебня либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм.

Удаление масла и воды из заглубленного маслоприемника должно предусматриваться переносным насосным агрегатом. При применении маслоприемника без отвода масла рекомендуется выполнение простейшего устройства для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике.

4. Маслоприемники с отводом масла могут выполняться как заглубленного типа (дно ниже уровня окружающей планировки земли), так и незаглубленного типа (дно на уровне окружающей планировки земли).

При выполнении заглубленного маслоприемника устройство бортовых ограждений не требуется, если при этом обеспечивается объем маслоприемника указанный в подпункте 1 настоящего пункта Правил.

Незаглубленный маслоприемник должен выполняться в виде бортовых ограждений маслonaполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна быть не менее 0,25 и не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

Дно маслоприемника (заглубленного и незаглубленного) должно быть засыпано крупным чистым гравием или промытым гранитным щебнем либо непористым щебнем другой породы с частицами от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м.

5. При установке маслonaполненного электрооборудования на железобетонном перекрытии здания (сооружения) устройство маслоотвода является обязательным.

6. Маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара автоматическими стационарными устройствами, на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений; 50 % масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 ч. Маслоотводы могут выполняться в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов и лотков.

7. Маслосборники должны быть рассчитаны на полный объем масла единичного оборудования, содержащего наибольшее количество масла, и должны выполняться закрытого типа.

По согласованию с органами Государственного санитарного надзора допускается устройство маслоборника в виде котлована в грунте, со спланированными откосами.

4.2.60. На ПС с трансформаторами 110 кВ единичной мощностью 63 МВ А и более и трансформаторами 220 кВ и выше единичной мощностью 40 МВ А и более, а также на ПС с синхронными компенсаторами для тушения пожара следует предусматривать водопровод с питанием от существующей внешней сети или от самостоятельного источника водоснабжения.

На ПС с трансформаторами 220 кВ единичной мощностью менее 40 МВ А следует предусматривать водопровод с питанием от существующей внешней сети. Допускается вместо пожарного водопровода иметь пожарный водоем, пополняемый водой из водопроводной сети другого назначения.

На ПС с трансформаторами от 35 до 110 кВ единичной мощностью менее 63 МВ А противопожарный водопровод и водоем не предусматриваются.

4.2.61. Фундаменты под маслонаполненные трансформаторы или аппараты должны выполняться из несгораемых материалов.

4.2.62. На ПС, оборудованных совмещенными порталами, у трансформаторов (автотрансформаторов) железнодорожные пути для их перекатки, как правило, не предусматриваются. При наличии подъездного железнодорожного пути к ПС последний доводится до фундаментов трансформаторов (автотрансформаторов), оборудованных совмещенными порталами.

4.2.63. По спланированной территории ОРУ и ПС должен быть обеспечен проезд для автомобильного транспорта с улучшением в случае необходимости грунтовой поверхности твердыми добавками или засевом трав.

Автодороги с покрытием (усовершенствованным, переходным, низким) предусматриваются, как правило, к следующим зданиям и сооружениям: portalу или башне для ревизии трансформаторов, зданиям щитов управления, ЗРУ и КРУН, вдоль выключателей ОРУ 110 кВ и выше, зданию масляного хозяйства, материальному складу, открытому складу масла, насосным, резервуарам воды, компрессорной, складу водорода, фазам выключателей 220 кВ и выше.

Ширина проезжей части внутриплощадочных дорог должна быть не менее 3,5 м. При определении габаритов проездов должны быть учтены размеры применяемых приспособлений и механизмов в соответствии с пунктом 4.2.32 настоящих Правил.

4.2.64. Установка КРУН и КТП наружной установки должна отвечать следующим требованиям:



1. КРУН и КТП должны быть расположены на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки с устройством около шкафов площадки для обслуживания. В районах с большим снежным покровом, а также в районах, подверженных снежным заносам, рекомендуется установка КРУН и КТП наружной установки на высоте 1,0 — 1,2 м.

2. Расположение устройства должно обеспечивать удобную выкатку и транспортировку трансформаторов и выкатной части ячеек.

3. Должно быть обеспечено охлаждение оборудования. Кроме того, КРУН и КТП наружной установки должны отвечать требованиям, приведенным в пунктах 4.2.2 — 4.2.5, 4.2.7 — 4.2.14, 4.2.17 — 4.2.19, 4.2.22 — 4.2.25, 4.2.28, 4.2.29, 4.2.203, 4.2.204 настоящих Правил.

Соединения между отдельными секциями КРУН и КТП наружной установки с открытыми сборными и соединительными шинами должны отвечать также требованиям, приведенным в пунктах 4.2.44 — 4.2.74 настоящих Правил.

### **Закрытые распределительные устройства и подстанции**

4.2.65. Здания и помещения ЗРУ и камеры трансформаторов должны быть I или II степени огнестойкости.

4.2.66. Расстояния от отдельно стоящих зданий ЗРУ до производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, а также до жилых и общественных зданий следует принимать по СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий».

Для стесненных условий приведенные в КМК расстояния по согласованию с местными органами пожарной охраны могут быть уменьшены при условии, что стена ЗРУ, обращенная в сторону здания, предусмотрена глухой.

Расстояние между расположенными по периметру промышленных зданий пристроенными или встроенными ПС не нормируется.

Специальные требования к сооружению встроенных и пристроенных ПС в жилых и общественных зданиях смотри в Главе 7.1. ПУЭ. Раздел VII.

4.2.67. Пристройка ПС к существующему зданию с использованием стены здания в качестве стены ПС допускается при условии принятия специальных мер, предотвращающих нарушение гидроизоляции стыка при осадке пристраиваемой ПС. Указанная осадка должна быть также учтена при креплении оборудования на существующей стене здания.

4.2.68. ЗРУ напряжением до и выше 1 кВ, как правило, должны размещаться в отдельных помещениях. Это требование не распространяется на КТП 35 кВ и ниже, а также на КРУЭ.

Допускается размещение ЗРУ напряжением до 1 кВ и выше в общем, помещении при условии, что части РУ или ПС напряжением до 1 кВ и выше будут эксплуатироваться одной организацией.

Помещения РУ, трансформаторов, преобразователей и т. п. должны быть отделены от служебных и других вспомогательных помещений (исключения смотри в Главах 4.3. настоящих Правил, 5.1. ПУЭ. Раздел V и 7.5. ПУЭ. Раздел VII).

4.2.69. Трансформаторные помещения и ЗРУ не допускается размещать:

1) под помещением производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, уборными, ванными и т. п. Исключения допускаются в случаях, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения РУ и ПС;

2) непосредственно под и над помещениями, в которых может находиться более 50 чел в период более 1 ч над и под площадью перекрытия трансформаторного помещения и ЗРУ.

Требование подпункта 2 настоящего пункта Правил не распространяется на трансформаторные помещения, в которых установлены трансформаторы сухие или с негорючим наполнением.

4.2.70. Изоляция вводов, а также изоляторов гибких и жестких наружных открытых токопроводов генераторов 6 и 10 кВ должна выбираться на номинальное напряжение 20 кВ, а генераторов напряжением 13,8 — 24 кВ — на напряжение 35 кВ с учетом требований инструкции по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой.

4.2.71. Расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до заземленных конструкций и ограждений, пола и земли, а также между неогражденными токоведущими частями разных цепей должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.8 (рис. 4.2.14 — 4.2.17).

Гибкие шины в ЗРУ следует проверять на их сближение под действием токов КЗ в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 4.2.45 настоящих Правил.

4.2.72. Расстояние от контактов и ножей разъединителей в отключенном положении до ошиновки своей фазы, присоединенной ко второму контакту, должно быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.8 для размера Ж (см.рис. 4.2.16).

4.2.73. Неизолированные токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений путем помещения их в камеры, ограждения сетками и т. п.

При размещении неизолированных токоведущих частей вне камер и расположении их ниже размера  $D$  по Таблице 4.2.8 от пола они должны быть ограждены. Высота прохода под ограждением должна быть не менее 1,9 м (см. рис. 4.2.17).

Токоведущие части, расположенные выше ограждений до высоты 2,3 м от пола, но ниже размера  $D$ , должны находиться от плоскости ограждения на расстояниях, приведенных в Таблице 4.2.8 для размера  $B$  (см. рис 4.2.16).

Неогражденные токоведущие части, соединяющие конденсатор устройства высокочастотной связи, телемеханики и защиты с фильтром, должны быть расположены на высоте не менее 2,2 м. При этом рекомендуется устанавливать фильтр на высоте, позволяющей производить ремонт (настройку) фильтра без снятия напряжения с оборудования присоединений.

Аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изоляторов расположена над уровнем пола на высоте 2,2 м и более, разрешается не ограждать, если выполнены приведенные выше требования.

Применение барьеров для ограждения токоведущих частей в от крытых камерах не допускается.

4.2.74. Не огражденные неизолированные токоведущие части различных цепей, находящихся на высоте, превышающей значения, приведенные в Таблице 4.2.8 для размера  $D$ , должны быть расположены на таком расстоянии одна от другой, чтобы после отключения какой-либо цепи (например, секции шин) было обеспечено ее безопасное обслуживание при наличии напряжения в соседних цепях. В частности, между не огражденными токоведущими частями, расположенными с двух сторон коридора обслуживания, должны быть соблюдены расстояния не менее приведенных в Таблице 4.2.8 для размера  $\Gamma$  (см. рис. 4.2.16).

4.2.75. Ширина коридора обслуживания должна обеспечивать удобное обслуживание установки и перемещение оборудования, причем она должна быть не менее (считая в свету между ограждениями): 1 м при одностороннем расположении оборудования; 1,2 м при двустороннем расположении оборудования.

Наименьшее расстояние в свету от токоведущих частей до различных элементов ЗРУ

Номер рисунка	Наименование расстояний	Обозначение	Изоляционное расстояние, мм. для напряжения, кВ					
			3	6	10	35	110	220
4 2 14	От токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий	АФ-з	65	90	120	290	700	1700
4 2 14	Между проводниками разных фаз	АФ-Ф	70	100	130	320	800	1800
4 2 15	От токоведущих частей до сплошных ограждений	Б	95	120	150	320	730	1730
4 2 16	От токоведущих частей до сетчатых ограждений	В	165	90	220	390	800	1800
4 2 16	Между неограженными токоведущими частями разных цепей	Г	2000	2000	2000	2200	2900	3800
4 2 17	От неограженных токоведущих частей до пола	Д	2500	2500	2500	2700	3400	4200
4 2 17	От неограженных выводов из ЗРУ до земли при выходе их не территорию ОРУ и при отсутствии проезда под выводами	Е	4500	4500	4500	4750	5500	6500
2 16	От контакта и ножа разъединителя в отключенном положении до ошников, присоединенной ко второму контакту	Ж	80	110	150	350	900	2000

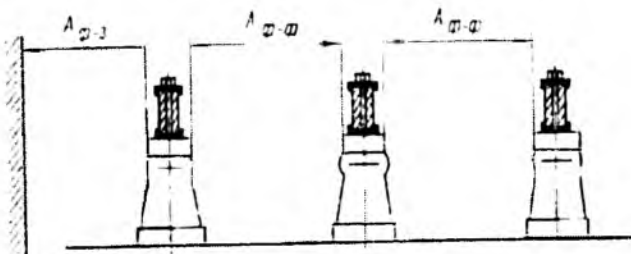


Рис. 4.2.14. Наименьшие расстояния в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз в ЗРУ и между ними и заземленными частями (по Таблице 4.2.8)

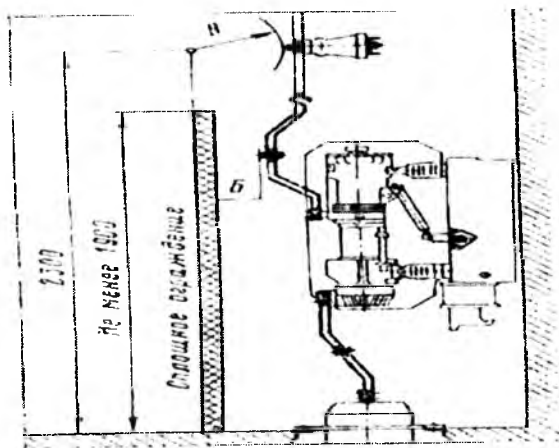


Рис. 4.2.15 Наименьшие расстояния между неизолированными токоведущими частями в ЗРУ и сплошными ограждениями (по Таблице 4.2.8)

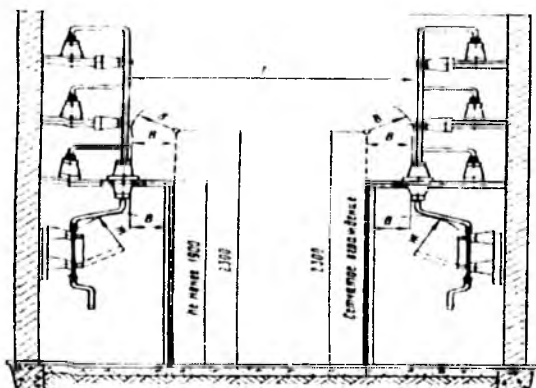


Рис 4 2 16. Наименьшие расстояния от неизолированных токоведущих частей в ЗРУ до сетчатых ограждений и между неогражденными неизолированными токоведущими частями разных цепей (по Таблице 4.2.8)

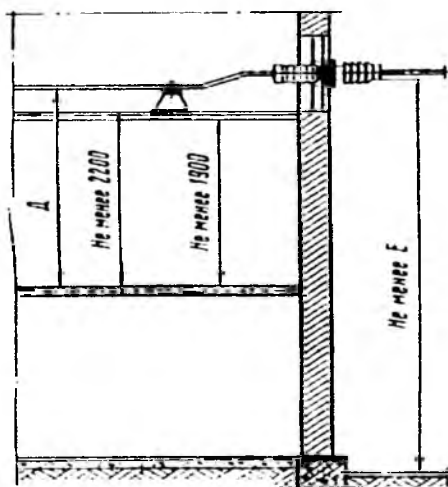


Рис 4 2 17. Наименьшие расстояния от пола до неогражденных неизолированных токоведущих частей и до нижней кромки фарфора изолятора и высота прохода в ЗРУ. Наименьшее расстояние от земли до неогражденных линейных выводов из ЗРУ вне территории ОРУ и при отсутствии проезда транспорта под выводами

В коридоре управления, где находятся приводы выключателей или разъединителей, указанные выше размеры должны быть соответственно не менее 1,5 и 2 м. При длине коридора до 7 м допускается уменьшение ширины коридора при двустороннем обслуживании до 1,8 м.

Ширина проходов в помещениях КРУ и КТП — см. пункты 4.2.110 и 4.2.111 настоящих Правил.

Ширина взрывного коридора должна быть не менее 1,2 м.

Допускается местное сужение коридора обслуживания, а также взрывного коридора строительными конструкциями не более чем на 0,2 м.

Высота помещений КРУ и КТП — смотри пункт 4.2.112 настоящих Правил.

4.2.76. При воздушных вводах в ЗРУ, не пересекающих проездов или мест, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от низшей точки провода до поверхности земли должны быть не менее приведенных в Таблице 4.2.8 для размера  $E$  (см. рис. 4.2.17).

При меньших расстояниях от провода до земли территория на соответствующем участке под вводом должна быть ограждена забором высотой 1,6 м, при этом расстояние от земли до провода в плоскости забора должно быть не менее размера  $E$ .

При воздушных вводах, пересекающих проезды или места, где возможно движение транспорта и т. п., расстояния от низшего провода до земли следует принимать в соответствии с пунктами 2.5.111 и 2.5.112 ПУЭ. Раздел II.

При воздушных выводах из ЗРУ на территорию ОРУ указанные расстояния должны приниматься по Таблице 4.2.5 для размера  $\Gamma$  (см. рис. 4.2.6).

Расстояния между смежными линейными выводами двух цепей должны быть не менее значений, приведенных в Таблице 4.2.5, как для размера  $D$ , если не предусмотрены перегородки между выводами соседних цепей.

На крышах ЗРУ над воздушными вводами должны быть предусмотрены ограждения высотой не менее 0,8 м, выходящие в плане не менее чем по 0,5 м от осей крайних фаз. Вместо указанных ограждений допускается устройство над вводами козырьков тех же габаритов в плане.

4.2.77. Провода ввода в здание РУ, расположенные под его крышей, должны находиться от нее на высоте не менее приведенной в пункте 4.2.53 настоящих Правил.

4.2.78. Выходы из РУ должны выполняться в соответствии со следующим:

1. При длине РУ до 7 м допускается один выход.
2. При длине РУ более 7 м до 60 м должно быть предусмотрено два выхода по его концам, допускается располагать выходы из РУ на расстоянии до 7 м от его торцов.
3. При длине РУ более 60 м кроме выходов по концам его должны быть предусмотрены дополнительные выходы с таким расчетом, чтобы расстоя-

ние от любой точки коридора обслуживания, управления или взрывного коридора до выхода было не более 30 м.

Выходы могут быть выполнены наружу, на лестничную клетку или в другое производственное помещение с несгораемыми стенами и перекрытиями, не содержащее огне- и взрывоопасных предметов, аппаратов или производств, а также в другие отсеки РУ, отделенные от данного несгораемой или трудносгораемой дверью с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. В многоэтажных РУ второй и дополнительные выходы могут быть предусмотрены также на балкон с наружной пожарной лестницей

4.2.79. Взрывные коридоры большой длины следует разделять на отсеки не более 60 м несгораемыми перегородками с огнестойкостью не менее 1 ч с дверями, выполняемыми в соответствии с пунктом 4.2.81 настоящих Правил. Взрывные коридоры должны иметь выходы наружу или на лестничную клетку.

4.2.80. Полы помещений РУ рекомендуется выполнять по всей площади каждого этажа на одной отметке. Конструкция полов должна исключать возможность образования цементной пыли (см. также пункт 4.2.107 настоящих Правил). Устройство порогов в дверях между отдельными помещениями и в коридорах не допускается (исключения — см. пункты 4.2.86, 4.2.87, 4.2.89 и 4.2.90 настоящих Правил).

4.2.81. Двери из РУ должны открываться в направлении других помещений или наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа со стороны РУ.

Двери между отсеками одного РУ или между смежными помещениями двух РУ должны иметь устройство, фиксирующее двери в закрытом положении и не препятствующее открыванию их в обоих направлениях.

Двери между помещениями (отсеками) РУ разных напряжений должны открываться в сторону РУ с низшим напряжением до 1 кВ.

Замки в дверях помещений РУ одного напряжения должны открываться одним и тем же ключом; ключи от входных дверей РУ и других помещений не должны подходить к замкам камер, а также к замкам дверей в ограждениях электрооборудования.

Требование о применении самозапирающихся замков не распространяется на РУ городских и сельских распределительных электрических сетей напряжением 10 кВ и ниже.

4.2.82. Двери (ворота) камер, содержащих маслonaполненное электрооборудование с массой масла более 60 кг, должны быть выполнены из трудносгораемых материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч в случаях, если они выходят в помещения, не относящиеся к данной ПС а также если они находятся между отсеками взрывных коридоров и РУ. В



остальных случаях двери могут быть выполнены из сгораемых материалов и иметь меньший предел огнестойкости.

Ворота камер с шириной створки более 1,5 м должны иметь калитку, если они используются для выхода персонала.

4.2.83. ЗРУ рекомендуется выполнять без окон; на неохраемых территориях такое выполнение является обязательным.

В случае необходимости в естественном освещении следует применять стеклоблоки или армированное стекло.

Оконные переплеты помещений РУ и ПС могут быть выполнены из сгораемых материалов. В ЗРУ окна должны быть неоткрывающимися.

Устройство световых фонарей не допускается.

Окна должны быть защищены сетками с ячейками не более 25 x 25 мм, устанавливаемыми снаружи. При применении сеток, устанавливаемых снаружи, допускается применение окон, открываемых внутрь помещения.

4.2.84. В одном общем помещении с РУ напряжением до 1 кВ и выше допускается установка одного масляного трансформатора мощностью до 0,63 МВ·А или двух масляных трансформаторов мощностью каждый до 0,4 МВ·А, отделенных от остальной части помещения перегородкой с пределом огнестойкости 1 ч, при этом неизолированные токоведущие части выше 1 кВ должны быть ограждены в соответствии с пунктом 4.2.73 настоящих Правил. Баковые масляные выключатели в указанных случаях должны устанавливаться в соответствии с пунктом 4.2.87 настоящих Правил.

4.2.85. Аппараты, относящиеся к пусковым устройствам электродвигателей, синхронных компенсаторов и т. п. (выключатели, пусковые реакторы, трансформаторы и т. п.), могут быть установлены в общей камере без перегородок между ними.

4.2.86. В камерах РУ, имеющих выходы во взрывной коридор, допускается установка трансформаторов с массой масла до 600 кг.

Измерительные трансформаторы напряжения независимо от количества масла в них допускается устанавливать в открытых камерах РУ. При этом в камере должен быть предусмотрен порог или пандус, рассчитанный на удержание полного объема масла, содержащегося в измерительном трансформаторе.

4.2.87. Баковые масляные выключатели с массой масла более 60 кг должны устанавливаться в отдельных взрывных камерах с выходом наружу или во взрывной коридор.

Баковые масляные выключатели с массой масла 25 — 60 кг могут устанавливаться как во взрывных, так и в открытых камерах. При установке баковых выключателей в открытых камерах или с выходом во взрывной

коридор они должны иметь 20 % — ный запас по номинальному току отключения.

Баковые масляные выключатели с массой масла до 25 кг, малообъемные масляные выключатели и выключатели без масла следует устанавливать в открытых камерах.

При установке малообъемных масляных выключателей с массой масла в одной фазе 60 кг и более в каждой камере должен предусматриваться порог, рассчитанный на удержание полного объема масла.

Выключатели, устанавливаемые в открытых камерах, должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками, выполненными в соответствии с требованиями пункта 4.2.2 настоящих Правил. Такими же перегородками или щитами эти выключатели должны быть отделены от привода. Верхняя кромка перегородки или щита должна находиться на высоте не менее 1,9 м от пола.

Требование об установке защитного щита не распространяется на установку воздушных выключателей.

4.2.88. Во взрывных коридорах не должно устанавливаться оборудование с открытыми токоведущими частями.

Взрывные коридоры должны иметь выходы, выполненные в соответствии с требованиями пункта 4.2.79 настоящих Правил.

4.2.89. В закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения ПС, в камерах трансформаторов, масляных выключателей и других маслонаполненных аппаратов с массой масла в одном баке до 600 кг при расположении камер на первом этаже с дверями, входящими наружу, маслосборные устройства не выполняются.

При массе масла в одном баке более 600 кг должен быть устроен пандус или порог из несгораемого материала в дверном проеме камер или в проеме вентиляционного канала, рассчитанный на удержание 20 % масла трансформатора или аппарата. Должны быть также предусмотрены меры против растекания масла через кабельные сооружения.

4.2.90. При сооружении камер над подвалом, на втором этаже и выше (см. также пункт 4.2.225 настоящих Правил), а также при устройстве выхода из камер во взрывной коридор под трансформаторами, масляными выключателями и другими маслонаполненными аппаратами должны выполняться маслосборники по одному из следующих способов:

1. При массе масла в одном баке от 60 до 600 кг:  
в виде приемка, рассчитанного на полный объем масла;  
путем устройства порога или пандуса у выхода из камеры, обеспечивающего удержание полного объема масла.
2. При массе масла в одном баке более 600 кг:

в виде маслоприемника, вмещающего не менее 20 % полного объема масла трансформатора или аппарата, с отводом масла в дренажную систему. Маслоотводные трубы от маслоприемников под трансформаторами должны иметь диаметр не менее 10 см. Со стороны маслоприемников маслоотводные трубы должны быть защищены сетками;

в виде маслоприемника без отвода масла в дренажную систему. В этом случае маслоприемник должен быть перекрыт решеткой со слоем гравия толщиной 25 см и должен быть рассчитан на полный объем масла; уровень масла должен быть на 5 см ниже решетки. Верхний уровень гравия в маслоприемнике под трансформатором должен быть на 7,5 см ниже отверстия воздухоподводящего вентиляционного канала. Дно маслоприемника должно иметь уклон 2 % в сторону приемка. Площадь маслоприемника должна быть больше площади основания трансформатора или аппарата.

3. При массе масла в трансформаторе или аппарате до 60 кг выполняется порог или пандус для удержания полного объема масла.

4.2.91. Вентиляция помещений трансформаторов и реакторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты в таких количествах, чтобы при номинальной их нагрузке (с учетом перегрузочной способности) и максимальной расчетной температуре окружающей среды нагрев трансформаторов и реакторов не превышал максимально допустимого.

Вентиляция помещений трансформаторов и реакторов должна быть выполнена таким образом, чтобы разность температур воздуха, выходящего из помещения и входящего в него, не превосходила 15 °С для трансформаторов, 30 °С для реакторов на токи до 1000 А, 20 °С для реакторов на токи более 1000 А.

При невозможности обеспечить теплообмен естественной вентиляцией необходимо предусматривать принудительную, при этом должен быть предусмотрен контроль ее работы с помощью сигнальных аппаратов.

4.2.92. Помещения РУ, содержащие оборудование, залитое маслом, компаундом или заполненное элегазом, должны быть оборудованы аварийной вытяжной вентиляцией, включаемой извне и не связанной с другими вентиляционными устройствами. Аварийная вентиляция должна рассчитываться на пятикратный обмен воздуха в час.

В местах с низкими зимними температурами приточные и вытяжные вентиляционные отверстия должны быть снабжены утепленными клапанами, открываемыми извне.

4.2.93. В помещениях, в которых дежурный персонал находится 6 ч и более, должна быть обеспечена температура воздуха не ниже плюс 18 °С и не выше плюс 28 °С. Допускается устройство местных душирующих установок непосредственно на рабочем месте дежурного.

В помещениях щитов управления при отсутствии дежурного персонала и в ЗРУ должна быть обеспечена температура в соответствии с требованиями заводов-изготовителей аппаратуры, устанавливаемой в этих помещениях.

4.2.94. Проемы в междуэтажных перекрытиях, стенах, перегородках и т. п. должны быть закрыты несгораемым материалом, обеспечивающим предел огнестойкости не менее 0,75 ч. Прочие отверстия и проемы в наружных стенах для предотвращения проникновения животных и птиц должны быть защищены сетками или решетками с ячейками размером 1 x 1 см; сетки должны находиться на высоте не менее 0,5 м от земли. Отверстия в местах прохождения кабелей должны иметь уплотнения с пределом огнестойкости 0,75 ч.

4.2.95. Перекрытия кабельных каналов и двойных полов должны быть выполнены съемными плитами из несгораемых материалов в уровень с чистым полом помещения. Масса отдельной плиты перекрытия должна быть не более 50 кг.

4.2.96. Пересечение камер аппаратов и трансформаторов кабелями, относящимися к другим цепям, как правило, не допускается, однако в исключительных случаях допускается выполнять их в трубах. Электропроводки освещения и цепей управления и измерения, расположенные внутри камер или же находящиеся вблизи неизолированных токоведущих частей, могут быть допущены только на коротких участках и притом лишь в той мере, в какой это необходимо для осуществления присоединений (например, к измерительным трансформаторам).

4.2.97. Прокладка в помещениях РУ относящихся к ним (нетранзитных) трубопроводов (отопление) допускается при условии применения цельных сварных труб без фланцев, вентилях и т. п., а вентиляционных сварных коробов — без люков, задвижек, фланцев и других подобных устройств. Допускается также транзитная прокладка трубопроводов или коробов при условии, что каждый трубопровод (короб) заключен в сплошной водонепроницаемый кожух.

### **Внутрицеховые трансформаторные подстанции**

4.2.98. Требования, приведенные в пунктах 4.2.99 — 4.2.113 настоящих Правил, распространяются на внутрицеховые ПС напряжением до 35 кВ за исключением преобразовательных ПС (см. Главу 4.3 настоящих Правил) и электротермических установок (см. Главу 7.5. ПУЭ. Раздел VII).

4.2.99. Внутрицеховые ПС могут размещаться на первом и втором этажах в основных и вспомогательных помещениях производств, которые со-

гласно противопожарным требованиям отнесены к категории Г или Д I или II степени огнестойкости, как открыто, так и в отдельных помещениях.

В помещениях, имеющих взрывоопасные или пожароопасные зоны, размещение внутрицеховых ПС следует выполнять в соответствии с требованиями Глав 7.3. и 7.4. ПУЭ. Раздел VII.

В помещениях пыльных и с химически активной средой устройство внутрицеховых ПС допускается при условии принятия мер, обеспечивающих надежную работу их электрооборудования (см. пункт 4.2.104 настоящих Правил).

4.2.100. В производственных помещениях трансформаторы и РУ могут устанавливаться открыто и в камерах и отдельных помещениях. При открытой установке токоведущие части трансформатора должны быть закрыты, а РУ размещены в шкафах защищенного или закрытого исполнения.

Требования к установке КРУ и КТП в электромашинных помещениях — смотри Главу 5.1. ПУЭ. Раздел V.

4.2.101. На внутрицеховой ПС установка КТП или трансформаторов должна быть выполнена с соблюдением следующих требований:

1. На каждой открыто установленной внутрицеховой ПС могут быть применены масляные трансформаторы с суммарной мощностью до 3,2 МВ А. Расстояние в свету между масляными трансформаторами разных КТП, а также между огражденными камерами масляных трансформаторов должно быть не менее 10 м.

2. В одном помещении внутрицеховой ПС рекомендуется устанавливать одну КТП (допускается установка не более трех КТП) с масляными трансформаторами суммарной мощностью не более 6,5 МВ А.

При внутрицеховом расположении закрытой камеры масляного трансформатора масса масла должна быть не более 6,5 т.

Расстояние между отдельными помещениями разных КТП или между закрытыми камерами масляных трансформаторов, расположенных внутри производственного здания, не нормируется.

Ограждающие конструкции помещения внутрицеховой ПС, в которых устанавливаются КТП с масляными трансформаторами, а также закрытых камер масляных трансформаторов и аппаратов с количеством масла 60 кг и более, должны быть выполнены из негоряемых материалов с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Требования подпункта 2 настоящего пункта Правил распространяются также на пристроенные и встроенные ПС имеющие выкатку масляного трансформатора внутрь здания.

3. Суммарная мощность масляных трансформаторов внутрицеховой ПС, установленных на втором этаже, должна быть не более 1 МВ·А.

Установка КТП с масляными трансформаторами и масляных трансформаторов выше второго этажа не допускается.

4. Для внутрицеховых ПС с трансформаторами сухими или с негорючим жидким (твердым) диэлектриком их мощность, количество, расстояния между ними, а также этаж их установки не ограничиваются.

4.2.102. Под каждым масляным трансформатором и аппаратом с массой масла 60 кг и более должен быть устроен маслоприемник в соответствии с требованиями пункта 4.2.90, подпункт 2 настоящих Правил, как для трансформаторов и аппаратов с массой масла более 600 кг.

4.2.103. Выключатели, устанавливаемые на внутрицеховых ПС, должны быть, как правило, безмасляные или малообъемные масляные.

Установка баковых масляных выключателей допускается только в закрытых камерах при соблюдении следующих условий:

1. Количество выключателей должно быть не более трех.

2. Масса масла в каждом выключателе должна быть не более 60 кг.

4.2.104. При устройстве вентиляции камер трансформаторов на ПС, размещаемых в производственных помещениях с нормальной средой, разрешается забирать воздух непосредственно из цеха.

Для вентиляции камер трансформаторов, размещаемых в помещениях с воздухом, содержащим пыль либо токопроводящие или разъедающие смеси, воздух должен забираться извне или очищаться фильтрами.

В зданиях с несгораемыми перекрытиями отвод воздуха из камер трансформаторов разрешается непосредственно в цех.

В зданиях с трудносгораемыми перекрытиями выпуск воздуха из камер трансформаторов должен производиться по вытяжным шахтам, выведенным выше кровли здания не менее чем на 1 м и выполненным в соответствии с пунктом 4.2.233 настоящих Правил.

4.2.105. В случае применения искусственной вентиляции камер трансформаторов автоматическое отключение вентиляционного устройства одновременно с отключением трансформатора может не предусматриваться.

4.2.106. При установке КТП в отдельных помещениях вентиляция трансформаторов должна отвечать требованиям, приведенным в пункте 4.2.91 настоящих Правил.

4.2.107. Полы ПС должны быть не ниже уровня пола цеха; пол в помещении для КРУ и КТП должен быть рассчитан на частое перемещение тележек без повреждения его поверхности.

4.2.108. Двери камер маслонаполненных силовых трансформаторов и баковых выключателей должны иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч.

4.2.109. При расположении ПС в непосредственной близости от путей внутрицехового транспорта или крановых путей, подъемно-транспортных механизмов должны быть приняты меры для защиты ПС от случайных повреждений (световая сигнализация, отбойные тумбы).

Как правило, КРУ и КТП следует размещать в пределах «мертвой зоны» работы этих механизмов.

В цехах с интенсивным движением внутризаводского транспорта, а также при насыщенности цеха оборудованием, материалами и готовыми изделиями КРУ и КТП рекомендуется ограждать. При этом внутри ограждений должны быть выдержаны проходы шириной не менее приведенной в пункте 4.2.111 настоящих Правил.

4.2.110. Ширина прохода вдоль КРУ и КТП, а также вдоль стен ПС, имеющих двери или вентиляционные отверстия, должна быть не менее 1 м; кроме того, должна быть обеспечена возможность выкатки трансформаторов и других аппаратов.

4.2.111. Ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа и КТП должна обеспечивать удобство обслуживания перемещения и разворота оборудования и его ремонта.

При установке КРУ и КТП в отдельных помещениях ширина прохода должна определяться, исходя из следующих условий:

- 1) для однорядного исполнения — длина тележки КРУ плюс не менее 0,6 м;
- 2) для двухрядного исполнения — длина тележки КРУ плюс не менее 0,8 м.

Во всех случаях ширина прохода должна быть не менее приведенной в пункте 4.2.75 настоящих Правил (при этом сужение прохода напротив выкатываемых тележек запрещается) и не менее размера тележки по диагонали.

При наличии прохода с задней стороны КРУ и КТП для их осмотра ширина его должна быть не менее 0,8 м; допускаются отдельные местные сужения не более чем на 0,2 м.

При открытой установке КРУ и КТП в производственных помещениях ширина свободного прохода должна определяться расположением производственного оборудования, обеспечивать возможность транспортирования наиболее крупных элементов КРУ и КТП и во всяком случае должна быть не менее 1 м.

4.2.112. Высота помещения должна быть не менее высоты КРУ (КТП), считая от выступающих частей шкафов, плюс 0,8 м до потолка и 0,3 м до балок. Допускается меньшая высота помещения, если при этом обеспечиваются удобство и безопасность замены, ремонта и наладки оборудования КРУ (КТП).

4.2.113. Расчетные нагрузки на перекрытия помещений по пути транспортировки КРУ (КТП) должны приниматься с учетом массы наиболее тяжелой части устройства (например, трансформатора), а проемы должны соответствовать габаритам транспортируемых частей.

### **Столбовые (мачтовые) трансформаторные подстанции**

4.2.114. Правила, приведенные в пунктах 4.2.115 — 4.2.123 настоящих Правил, распространяются на столбовые ПС до 35 кВ мощностью не более 0,4 МВ·А.

4.2.115. Присоединение трансформатора к сети высшего напряжения должно осуществляться при помощи предохранителей и разъединителя, управляемого с земли. Привод разъединителя должен запирается на замок. Разъединитель, как правило, должен быть установлен на концевой опоре ВЛ.

4.2.116. Трансформатор должен быть установлен на высоте не менее 4,5 м, считая от земли до токоведущих частей. Для обслуживания ПС на высоте не менее 3 м должна быть устроена площадка с перилами. Для подъема на площадку рекомендуется применять лестницы с устройством, сблочиванным с разъединителем и запрещающим подъем по лестнице при включенном разъединителе.

Для ПС, расположенных на одностоечных опорах, устройство площадок и лестниц не обязательно.

4.2.117. Части, остающиеся под напряжением при отключенном положении разъединителя, должны находиться на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки обслуживания для ПС 10 кВ и не менее 3,1 м для подстанций 35 кВ. Положение разъединителя должно быть видно с площадки. Разъединитель должен иметь заземляющие ножи со стороны трансформатора.

4.2.118. Щиток низшего напряжения ПС должен быть заключен в шкаф. Для отключения трансформатора со стороны низшего напряжения должен быть установлен аппарат, обеспечивающий видимый разрыв.

4.2.119. Электропроводка между трансформатором и щитком, а также между щитком и ВЛ низшего напряжения должна быть защищена от меха-



нических повреждений (трубой, швеллером и т. п.) и выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.1. ПУЭ. Раздел II.

4.2.120. Расстояние от земли до изоляторов вывода на ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 4 м.

4.2.121. По условию пожарной безопасности ПС должна быть расположена на расстоянии не менее 3 м от зданий I, II и III степеней огнестойкости и 5 м от зданий IV и V степеней огнестойкости.

4.2.122. Конструкции столбовых ПС, используемые как опоры ВЛ, должны быть анкерными или концевыми. Это требование не распространяется на одностоечные подстанции.

4.2.123. В местах возможного наезда транспорта столбовые ПС должны быть защищены отбойными тумбами.

### **Защита от грозových перенапряжений**

4.2.124. ОРУ и открытые ПС 35 — 500 кВ должны быть защищены от прямых ударов молнии. Выполнение защиты от прямых ударов молнии не требуется для ПС 35 кВ с трансформаторами единичной мощностью 1,6 МВ А и менее независимо от числа грозových часов в году, для всех ОРУ и ПС 35 кВ в районах с числом грозových часов в годе не более 20, а также для ОРУ и ПС 220 кВ и ниже на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли в грозовой сезон более 2000 Ом·м при числе грозových часов в году не более 20.

Здания ЗРУ и закрытых ПС следует защищать от прямых ударов молнии в районах с числом грозových часов в году более 20.

Защиту зданий ЗРУ и закрытых ПС, имеющих металлические покрытия кровли или железобетонные несущие конструкции кровли, следует выполнять заземлением этих покрытий (конструкций). Для защиты зданий ЗРУ и закрытых ПС, крыша которых не имеет металлических или железобетонных покрытий либо несущих конструкций или не может быть заземлена, следует устанавливать стержневые молниеотводы или молниеприемные сетки непосредственно на крыше зданий.

Расположенные на территории ПС здания трансформаторной башни, маслохозяйства, электролизной, синхронных компенсаторов, а также резервуары с горючими жидкостями или газами и места хранения баллонов водорода должны быть защищены от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений в соответствии с инструкцией по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений.

4.2.125. Защита от прямых ударов молнии ОРУ 220 кВ и выше должна быть выполнена стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми, как

правило, на конструкциях ОРУ. Следует использовать также защитное действие высоких объектов, которые являются молниеприемниками (опоры ВЛ, прожекторные мачты, радиомачты и т. п.). Установка молниеотводов на порталах, расположенных вблизи трансформаторов или шунтирующих реакторов, допускается при выполнении требований пункта 4.2.126 настоящих Правил.

На конструкциях ОРУ 110 кВ стержневые молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 1000 Ом·м — независимо от площади заземляющего контура ПС; более 1000 и до 2000 Ом·м — при площади заземляющего контура ПС 10000 м<sup>2</sup> и более.

От стоек конструкций ОРУ 110 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления не менее чем в двух-трех направлениях. Кроме того, должны быть установлены один-два вертикальных электрода длиной 3 — 5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, на которой установлен молниеотвод.

Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 500 Ом·м независимо от площади заземляющего контура ПС; более 500 и до 750 Ом·м при площади заземляющего контура ПС 10000 м<sup>2</sup> и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ с молниеотводами должно быть обеспечено растекание тока молнии по магистралям заземления в трех-четыре направлениях. Кроме того, должны быть установлены два-три вертикальных электрода длиной 3 — 5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки с молниеотводом.

Гирлянды подвесной изоляции на порталах ОРУ 35 кВ с тросовыми или стержневыми молниеотводами, а также на концевых опорах ВЛ 35 кВ в случае, если трос ВЛ не заводится на ПС, должны иметь на два изолятора больше, требуемого для ОРУ 35 кВ, предназначенного для работы в районах с I степенью загрязненности атмосферы (см. пункт 4.2.42 настоящих Правил).

Расстояние по воздуху от конструкций ОРУ, на которых установлены молниеотводы, до токоведущих частей должно быть не менее длины гирлянды.

4.2.126. На трансформаторных порталах, порталах шунтирующих реакторов и конструкциях ОРУ, удаленных от трансформаторов или реакторов по магистралям заземления на расстояние менее 15 м, молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 Ом·м и при соблюдении следующих условий:

1. Непосредственно на всех выводах обмоток 3 — 35 кВ трансформаторов или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке, включая ответвления к разрядникам, должны быть установлены вентильные разрядники.

2. Должно быть обеспечено растекание тока молнии от стойки конструкции с молниеотводом по трем-четырем магистралям заземления.

3. На магистралях заземления, на расстоянии 3 — 5 м от стойки с молниеотводом, должно быть установлено два-три вертикальных электрода длиной 5 м.

4. На ПС с высшим напряжением 20 и 35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ.

5. Заземляющие проводники вентильных разрядников и трансформаторов рекомендуется присоединять к заземляющему устройству ПС поблизости один от другого или выполнять их так, чтобы место присоединения вентильного разрядника к заземляющему устройству находилось между точками присоединения заземляющих проводников портала с молниеотводом и трансформатора.

4.2.127. Защиту от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых установка молниеотводов не допускается или нецелесообразна по конструктивным соображениям, следует выполнять отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом.

Расстояние  $S_3$ , м, между обособленным заземлителем молниеотвода и заземляющим устройством ОРУ (ПС) должно быть равным (но не менее 3 м)

$$S_3 \geq 0,2 R_{и},$$

где  $R_{и}$  — импульсное сопротивление заземления, Ом, отдельно стоящего молниеотвода при импульсном токе 60 кА.

Расстояние по воздуху  $S_{в.о}$ , м, от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземленных конструкций и оборудования ОРУ (ПС) должно быть равным (но не менее 5 м)

$$S_{в.о} \geq 0,12 R_{и} + 0,1 H,$$

где  $H$  — высота рассматриваемой точки молниеотвода над уровнем земли, м.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов в ОРУ могут быть присоединены к заземляющему устройству ОРУ (ПС) при соблюдении указанных в пункте 4.2.125 настоящих Правил условий установки молниеотводов на конструкциях ОРУ. Место присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству ПС должно быть уда-

лено по магистралям заземления на расстояние не менее 15 м от места присоединения к нему трансформатора (реактора). В месте присоединения заземлителя отдельно стоящего молниеотвода к заземляющему устройству ОРУ 35 — 110 кВ должно быть выполнено два-три направления по магистралям заземления.

Заземлители отдельно стоящих молниеотводов, установленных на прожекторных мачтах, должны быть присоединены к заземляющему устройству ПС. При этом в случае несоблюдения условий, указанных в пункте 4.2.125 настоящих Правил, дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. На расстоянии 5 м от молниеотвода следует устанавливать три-четыре вертикальных электрода длиной 3 — 5 м.

2. Если расстояние по магистралям заземления от места присоединения заземлителя молниеотвода к заземляющему устройству до места присоединения к нему трансформатора (реактора) превышает 15 м, но менее 40 м, то вблизи выводов обмоток напряжением до 35 кВ трансформатора должны быть установлены вентильные разрядники.

Расстояние по воздуху  $S_{в,с}$ , м, от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ (ПС), до токоведущих частей должно составлять

$$S_{в,с} \geq 0,1 H + m$$

где  $H$  — высота токоведущих частей над уровнем земли, м;  $m$  — длина гирлянды изоляторов, м.

4.2.128. Тросовые молниеотводы ВЛ 110 кВ и выше, как правило, следует присоединять к заземленным конструкциям ОРУ (ПС). От стоек конструкций ОРУ 110 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должно быть выполнено два-три направления магистралей заземления.

Тросовые молниеотводы, защищающие подходы ВЛ 35 кВ, разрешается присоединять к заземленным конструкциям ОРУ при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон: до 750 Ом м — независимо от площади заземляющего контура ПС; более 750 и до 1000 Ом м — при площади заземляющего контура ПС 10000 м<sup>2</sup> и более.

От стоек конструкций ОРУ 35 кВ, к которым присоединены тросовые молниеотводы, должно быть выполнено по два-три направления магистралей заземления. Кроме того, должно быть установлено два-три вертикальных электрода длиной 3 — 5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, к которой присоединен молниеотвод.

Сопротивление заземлителя ближайшей к ОРУ опоры ВЛ 35 кВ не должно превышать 10 Ом.

Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем ОРУ, к которым не допускается их присоединение, должны заканчиваться на ближайшей к ОРУ опоре. Первый от ОРУ бестросовый пролет этих ВЛ должен быть защищен стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на ПС, опорах ВЛ или около ВЛ.

4.2.129. Место присоединения конструкции со стержневым или тросовым молниеотводом к заземляющему контуру ПС должно быть расположено на расстоянии не менее 15 м по магистралям заземления от места присоединения к нему трансформатора (реактора).

4.2.130. Устройство и защита подходов ВЛ к ОРУ и подстанциям должны отвечать помимо требований, приведенных в пунктах 4.2.128, 4.2.133 — 4.2.138, 4.2.145 — 4.2.152 настоящих Правил, также требованиям, приведенным, в Главе 2.5. ПУЭ. Раздел II.

4.2.131. Не допускается установка молниеотводов на конструкциях ОРУ, находящихся на расстоянии менее 15 м от трансформаторов, к которым гибкими связями или открытыми шинпроводами присоединены вращающиеся машины; от открытых шинпроводов и от опор гибких связей, если к ним присоединены вращающиеся машины.

Порталы трансформаторов, связанных открытыми шинпроводами или гибкими связями с вращающимися машинами, должны входить в зоны защиты отдельно стоящих или установленных на других конструкциях молниеотводов.

4.2.132. При использовании прожекторных мачт в качестве молниеотводов подводка электропитания к прожекторам на участке от точки выхода из кабельного сооружения до прожекторной мачты и далее по мачте должна быть выполнена кабелями с металлической оболочкой либо кабелями без металлической оболочки в трубах. Около молниеотвода эти кабели должны быть проложены непосредственно в земле на протяжении не менее 10 м.

В месте ввода кабелей в кабельное сооружение металлическая оболочка кабелей, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземляющим устройством ПС.

4.2.133. Защита ВЛ 35 кВ и выше от прямых ударов молнии на подходах к РУ (ПС) должна быть выполнена тросовыми молниеотводами. Длина защищенных тросом подходов с повышенным защитным уровнем, сопротивление заземления опор, количество и защитные углы тросовых молниеотводов должны соответствовать требованиям, приведенным в Таблице 4.2.9.

На каждой опоре подхода, за исключением случаев, предусмотренных в пункте 2.5.68 ПУЭ. Раздел II, трос должен быть присоединен к заземлителю опоры.

В районах со слабой интенсивностью грозовой деятельности допускается увеличение по сравнению с приведенными в Таблице 4.2.9 сопротивлений заземляющих устройств опор на подходах ВЛ 35 — 220 кВ к ПС при числе грозových часов в году менее 20 — в 1,5 раза; менее 10 — в 3 раза.

Если выполнение заземлителей с требуемыми сопротивлениями заземления оказывается невозможным, должны быть применены заземлители - противовесы.

В особо гололедных районах и в районах с эквивалентным удельным сопротивлением земли более 1000 Ом м допускается выполнение защиты подходов ВЛ к РУ (ПС) отдельно стоящими стержневыми молниеотводами, сопротивление заземлителей которых не нормируется.

4.2.134. В районах, имеющих не более 60 грозových часов в году, допускается не выполнять защиту тросом подхода ВЛ 35 кВ к подстанциям 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью до 1,6 МВ·А каждый или с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВ·А и наличием резервного питания нагрузки со стороны низшего напряжения. При этом опоры подхода ВЛ к ПС на длине не менее 0,5 км должны иметь заземлители с сопротивлением, указанным в Таблице 4.2.9. При выполнении ВЛ на деревянных опорах, кроме того, требуется на подходе ВЛ длиной 0,5 км присоединять крепления изоляторов к заземлителю опор и устанавливать комплект трубчатых разрядников на первой опоре подхода со стороны ВЛ. Расстояние между вентильными разрядниками и трансформатором должно быть не более 10 м.

Таблица 4.2.9.

**Защита ВЛ от прямых ударов молнии на подходах к РУ и подстанциям**

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Подходы ВЛ на порталных опорах с двумя тросами		Подходы ВЛ на одностоечных опорах			Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства опор, Ом, при эквивалентном удельном сопротивлении земли, Ом·м <sup>42</sup>		
	Длина защитного подхода с повышенным защитным углом	Защитный угол троса, град	Длина защитного подхода с повышенным защитным углом, км	Количество тросов, шт.	Защитный угол троса, град	До 100	Более 100 до 500	Более 500
35	0,5 <sup>43</sup> , 1-2	25-30	1-2	1-2	30	10	15	20
110	1-3	25-30	1-3	1-2	25 <sup>44</sup>	10	15	20 <sup>45</sup>
220	2-3	25	2-3	2	20 <sup>44</sup>	10	15	20 <sup>45</sup>
500	3-4	25	-	-	-	10	15	20 <sup>45</sup>

\*Выбор длины защищаемого подхода производится с учетом расстояний между вентильным разрядником и защищаемым оборудованием, указанных в Таблице 4.2.11

\*2 На подходах ВЛ 110-220 кВ с одноствоечными двухцепными опорами заземляющие устройства опор рекомендуется выполнять с сопротивлением не более 5, 10 и 15 Ом при грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением до 100, более 100 и до 500 и более 500 Ом м соответственно.

\*3 Применяется только для ПС с трансформаторами мощностью до 1,6 МВ А.

\*4 На одноствоечных железобетонных опорах допускается угол защиты до 30°

\*5 Для порталных опор, устанавливаемых в земле с эквивалентным удельным сопротивлением более 1000 Ом м, допускается сопротивление заземляющего устройства более 20, но не более 30 Ом.

При отсутствии резервного питания на ПС с одним трансформатором мощностью до 1,6 МВ А подходы ВЛ 35 кВ к ПС должны быть защищены тросом на длине не менее 0,5 км.

4.2.135. На первой опоре подхода к ПС ВЛ 35 — 220 кВ, считая со стороны линии, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1) в следующих случаях:

1. Линия по всей длине, включая подход, построена на деревянных опорах.

2. Линия построена на деревянных опорах, подход линии — на металлических или железобетонных опорах.

3. На подходах ВЛ 35 кВ на деревянных опорах к ПС 35 кВ, защита которых выполняется упрощенно в соответствии с пунктом 4.2.134 настоящих Правил.

Установка РТ1 в начале подходов ВЛ, построенных по всей длине на металлических или железобетонных опорах, не требуется.

Сопротивление заземляющего устройства опор с трубчатыми разрядниками должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли не выше 1000 Ом м и не более 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении. На деревянных опорах заземляющие спуски от РТ1 должны быть проложены по всем стойкам.

На ВЛ 35 — 110 кВ, которые имеют защиту тросом не по всей длине и в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, как правило, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников (РТ2) на входных порталах или на первой от ПС опоре того конца ВЛ, который может быть отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ трансформаторов напряжения вместо РТ2 должны быть установлены вентильные разрядники.

Расстояние от РТ2 до отключенного аппарата должно быть не более 60 м для ВЛ 110 кВ и не более 40 м для ВЛ напряжением 35 кВ.

4.2.136. На ВЛ, работающих на пониженном относительно класса изоляции напряжении, на первой опоре защищенного подхода ее к ПС, считая со стороны линии, должны быть установлены трубчатые разрядники класса напряжения, соответствующего рабочему напряжению линии.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые классы напряжения или значения токов КЗ допускается устанавливать защитные промежутки или шунтировать часть изоляторов в гирляндах на одной-двух смежных опорах (при отсутствии загрязнения изоляции промышленными, солончаковыми, морскими и другими уносами). Количество изоляторов в гирляндах, оставшихся незашунтированными, должно соответствовать рабочему напряжению.

На ВЛ с изоляцией, усиленной по условию загрязнения атмосферы, если начало защищенного подхода находится в зоне усиленной изоляции, на первой опоре защищенного подхода должен устанавливаться комплект трубчатых разрядников, соответствующих рабочему напряжению ВЛ. При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые классы напряжения или значения токов КЗ допускается устанавливать защитные промежутки.

4.2.137. Трубчатые разрядники должны быть выбраны по токам КЗ в соответствии со следующими требованиями:

1. Для сетей до 35 кВ (с нейтралью, изолированной или заземленной через дугогасящий реактор) верхний предел тока, отключаемого трубчатым разрядником, должен быть не менее наибольшего возможного тока трехфазного КЗ, а нижний предел — не более наименьшего возможного установившегося тока двухфазного КЗ.

2. Для сетей 110 кВ и выше с большим током замыкания на землю трубчатый разрядник следует выбирать по наибольшему возможному току однофазного или трехфазного КЗ и по наименьшему возможному установившемуся току однофазного или двухфазного замыкания.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые значения токов КЗ допускается применять вместо них основные защитные промежутки. На ВЛ 220 кВ с деревянными опорами при отсутствии трубчатых разрядников должны быть заземлены на одной-двух опорах подвески гирлянд, при этом число изоляторов должно быть таким же, как для металлических опор.

Рекомендуемые размеры основных защитных промежутков приведены в Таблице 4.2.10.

4.2.138. На ВЛ 3 — 35 кВ с деревянными опорами в заземляющих спусках защитных промежутков следует выполнять дополнительные защитные



промежутки, установленные на высоте не менее 2,5 м от земли. Рекомендуемые размеры дополнительных защитных промежутков приведены в Таблице 4.2.10.

4.2.139. В РУ 35 кВ и выше, к которым присоединены ВЛ, должны быть установлены вентильные разрядники.

Вентильные разрядники следует выбирать с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования и соответствия напряжения гашения разрядников напряжению в месте их установки при замыкании на землю одной фазы сети. При увеличенных расстояниях между разрядниками и защищаемым оборудованием с целью сократить количество устанавливаемых разрядников могут быть применены вентильные разрядники с характеристиками выше требуемых по условиям координации изоляции.

Расстояния по шинам, включая ответвления, от разрядников до трансформаторов и аппаратов должны быть не более указанных в Таблицах 4.2.11, 4.2.12.

Определение наибольших допустимых расстояний между вентильными разрядниками и защищаемым оборудованием следует производить, исходя из количества линий и вентильных разрядников, включенных в нормальном режиме работы РУ (ПС).

Количество и места установки вентильных разрядников следует выбирать, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, количества ВЛ и трансформаторов. При этом расстояния от защищаемого оборудования до вентильных разрядников должны быть в пределах допускаемых также в пусковой период и на промежуточных этапах длительностью, равной грозовому сезону или более. Аварийные и ремонтные режимы работы при этом не учитываются.

Таблица 4.2.10.

**Рекомендуемый размер основных и дополнительных защитных промежутков**

Номинальное напряжение, кВ	Размер защитных промежутков, мм	
	основных	дополнительных
3	20	5
6	40	10
10	60	15
35	250	30
110	650	—
220	1350	—
500	3000	—

4.2.140. Вентильные разрядники должны быть установлены без коммутационных аппаратов в цепи между разрядником и трансформатором (автотрансформатором, шунтирующим реактором) в случаях защиты:

1) обмоток всех напряжений силовых трансформаторов, имеющих автотрансформаторную связь;

2) обмоток 500 кВ трансформаторов;

3) обмоток 220 кВ трансформаторов, имеющих уровень изоляции по государственному стандарту «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции»;

4) шунтирующих реакторов 500 кВ.

Расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов (автотрансформаторов, шунтирующих реакторов) и до аппаратов должны быть не более приведенных в Таблицах 4.2.11, 4.2.12 (см. также пункт 4.2.12 настоящих Правил). При превышении указанных расстояний должны быть дополнительно установлены разрядники на шинах.

4.2.141. При присоединении трансформатора к РУ кабельной линией 110 кВ и выше в месте присоединения кабеля к шинам РУ должен быть установлен комплект вентильных разрядников. Заземляющий зажим разрядника должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля.

В случае присоединения к шинам РУ нескольких кабелей, непосредственно соединенных с трансформаторами, на шинах РУ устанавливается один комплект вентильных разрядников. Место установки разрядника следует выбирать возможно ближе к местам присоединения кабелей.

4.2.142. Неиспользуемые обмотки низшего и среднего напряжения силовых трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть соединены в звезду или треугольник и защищены вентильными разрядниками, включенными между вводами каждой фазы и землей. Защита неиспользуемых обмоток низшего напряжения, расположенных первыми от магнитопровода, может быть выполнена заземлением одной из вершин треугольника, одной из фаз звезды или нейтрали либо установкой вентильного разрядника соответствующего класса напряжения на каждой фазе.

Защита неиспользуемых обмоток не требуется, если к ним постоянно присоединена кабельная линия длиной не менее 30 м, имеющая заземленную оболочку или броню.

4.2.143. Для защиты нейтралей обмоток 110 — 220 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно изоляции линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, следует устанавливать вентильные разрядники. В нейтрали транс-

форматора, изоляция которой не допускает разземления, установка разъемов не допускается.

4.2.144. Шунтирующие реакторы 500 кВ должны быть защищены от грозных и внутренних перенапряжений грозными или комбинированными разрядниками, устанавливаемыми на присоединениях реакторов.

4.2.145. РУ 3 — 10 кВ, к которым присоединены ВЛ, должны быть защищены вентильными разрядниками, установленными на шинах или у трансформатора.

В РУ 3 — 10 кВ при выполнении связи трансформаторов с шинами при помощи кабелей расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не ограничиваются (за исключением случаев, указанных в пункте 4.2.126 настоящих Правил).

При применении воздушной связи трансформаторов с шинами РУ 3 — 10 кВ расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не должны превышать 60 м при ВЛ на деревянных опорах и 90 м при ВЛ на металлических и железобетонных опорах.

Защита подходов ВЛ 3 — 10кВ к ПС тросовыми молниеотводами не требуется.

На подходах к ПС ВЛ 3 — 10 кВ с деревянными опорами на расстоянии 200 — 300 м от ПС должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (РТ1).

На ВЛ 3 — 10 кВ, которые в грозной сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, как правило, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников (РТ2) на конструкции ПС или на концевой опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен. При наличии на отключенном конце ВЛ трансформаторов напряжения вместо РТ2 должны быть установлены вентильные разрядники. Расстояние от разрядников до отключенного аппарата должно быть не более 15 м.

Сопротивления заземления РТ1 и РТ2 не должны превышать 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 1000 Ом·м и 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении.

На подходах к ПС ВЛ 3 — 10 кВ с металлическими и железобетонными опорами установка трубчатых разрядников (комплектов РТ1 и РТ2) не требуется. Металлические и железобетонные опоры на протяжении 200 — 300 м подхода к ПС должны быть заземлены с сопротивлением не более приведенных в Таблице 2.5.22.

Защита ПС 3—10 кВ с низшим напряжением до 1 кВ, присоединенных к ВЛ 3 — 35 кВ, должна выполняться вентильными разрядниками, устанавливаемыми с высокой и низкой сторон ПС.

При мощности трансформатора до 0,63 МВ·А допускается не устанавливать трубчатые разрядники на подходе ВЛ 3 — 10 кВ с деревянными опорами.

При установке вентильного разрядника в одной ячейке с трансформатором напряжения разрядник рекомендуется присоединять до предохранителя.

4.2.146. Кабельные вставки 35 — 220 кВ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены с обеих сторон трубчатыми или вентильными разрядниками. Кабели 35 — 110 кВ защищаются вентильными разрядниками типа РВС (III группа по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия») или трубчатыми разрядниками, а кабели 220 кВ — вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия»). При длине кабеля 1,5 км и более установка разрядников по концам кабеля не требуется.

В случае присоединения ВЛ 3 — 10 кВ к ПС при помощи кабельной вставки длиной до 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ должен быть установлен комплект трубчатых разрядников. Если ВЛ выполнена на деревянных опорах, на расстоянии 200 — 300 м от конца кабеля следует устанавливать второй комплект трубчатых разрядников.

При применении кабельной вставки длиной более 50 м в месте присоединения кабеля к ВЛ следует устанавливать комплект вентильных разрядников.

Разрядники должны быть соединены кратчайшим путем с металлическими оболочками кабеля и присоединены к заземлителю. Сопротивление заземлителя должно быть не более приведенных в пункте 4.2.145 настоящих Правил.

4.2.147. Защиту ПС 35 — 110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 МВА, присоединяемых к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищаемого подхода (см. Таблиц 4.2.9 и 4.2.11) от действующих ВЛ с деревянными, металлическими или железобетонными опорами без троса, допускается выполнять по упрощенной схеме (рис. 4.2.18), включающей:

вентильные разрядники, устанавливаемые на ПС на расстоянии не более 10 м от силового трансформатора;

тросовые молниеотводы подхода к ПС на всей длине ответвления; при длине ответвления менее 150 м следует дополнительно защищать тросо-

ными или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ и обе стороны от ответвления;

комплекты РТ1 и РТ2 с сопротивлением заземления каждого комплекта не более 10 Ом, устанавливаемые на деревянных опорах: РТ2 — на первой опоре с тросом со стороны ВЛ или на границе участка, защищаемого стержневыми молниеотводами; РТ1 — на незащищенном участке ВЛ на расстоянии 150 — 200 м от РТ2.

При длине захода более 500 м установка РТ1 не требуется.

Защита ПС на которых расстояния между вентильными разрядниками и трансформатором превышают 10 м, выполняется в соответствии с требованиями, приведенными в пунктах 4.2.133, 4.2.139 настоящих Правил.

Упрощенную защиту ПС в соответствии с указанными выше требованиями допускается выполнять и в случае присоединения ПС к действующим ВЛ с помощью коротких заходов (рис. 4.2.19). При этом трансформаторы должны быть защищены вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия»).

Таблица 4.2.1.1. Наибольшее допустимое расстояние от вентиляльных разрядников зашитаемого оборудования 35 — 220 кВ (для существующих ИЛ.)

Полноточный выключатель, кВ	Тип опор-ов линейных ВЛ: РУ и ПС	Расстояние до стоек, трансформаторов, М												Расстояние до вентиляторов, М																												
		Группы РУ				РУ с двумя или более матричными ВЛ				РУ с тремя или более дистанционными ВЛ				Группы РУ				ГРУ с двумя или более матричными ВЛ																								
		Группы III группы	Группы II группы	Группы I группы	Группы IV группы	Группы III группы	Группы II группы	Группы I группы	Группы IV группы	Группы III группы	Группы II группы	Группы I группы	Группы IV группы	Группы III группы	Группы II группы	Группы I группы	Группы IV группы	Группы III группы	Группы II группы	Группы I группы	Группы IV группы																					
35	Первичные в том числе железобетонные ПТ в неказе (полтора)	1,0	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400		
		1,5	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400			
		2,0	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400				
		2,5	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400					
		3,0	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400						
		110	Первичные в том числе железобетонные ПТ в неказе (полтора)	1,0	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
				1,5	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	
				2,0	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400		
				2,5	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400			
				3,0	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400				
150	Первичные в том числе железобетонные ПТ в неказе (полтора)			1,0	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
				1,5	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	
				2,0	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400		
				2,5	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400			
				3,0	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400				
		220	Первичные в том числе железобетонные ПТ в неказе (полтора)	1,0	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
				1,5	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	
				2,0	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400		
				2,5	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400			
				3,0	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400				

Примечания: 1. Расстояния от вентиляльных разрядников до электрооборудования, кроме силовых трансформаторов, не ограничиваются при количестве параллельно работающих ВЛ: на напряжении 110 кВ — 7 и более; 220 кВ — 4 и более.

2. Допустимые расстояния определяются до ближайшего вентиляльного разрядника

3. Расстояния до силовых трансформаторов 220 кВ с уровнем изоляции по государственному стандарту «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции» указаны в числителе, с повышенным уровнем изоляции в знаменателе.

4. При использовании разрядников I группы вместо разрядников II группы по государственному стандарту «Разрядники вентиляльные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия» расстояния до силовых трансформаторов 220 кВ с уровнем изоляции по государственному стандарту «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции» могут быть увеличены в 1,5 раза.

Выполнение грозозащиты ПС присоединяемых к вновь сооружаемым ВЛ, по упрощенным схемам не допускается.

4.2.148. В районах с удельным сопротивлением земли 1000 Ом·м и более сопротивление заземления РТ1 и РТ2 35 — 110 кВ, устанавливаемых для защиты тех ПС, которые присоединяются к действующим ВЛ на ответвлениях или с помощью коротких заходов, может быть более 10, но не более 30 Ом. При этом заземляющий контур РТ2 должен быть соединен с заземляющим контуром ПС протяженным заземлителем.

4.2.149. Разъединители, устанавливаемые на опорах ВЛ до 110 кВ, имеющих защиту тросом не по всей длине, как правило, должны быть защищены трубчатыми разрядниками, устанавливаемыми на тех же опорах со стороны потребителя. Если разъединитель может иметь длительно отключенное положение, трубчатые разрядники должны быть установлены на той же опоре с каждой стороны, находящейся под напряжением.

При установке разъединителей на расстоянии до 25 м по длине ВЛ от места подключения линии к ПС или РУ установка разрядников на опоре, как правило, не требуется. Если эти разъединители могут иметь длительно отключенное положение, со стороны ВЛ на опоре должны быть установлены разрядники (как правило, трубчатые).

На ВЛ до 10 кВ с железобетонными и металлическими опорами допускается не устанавливать разрядники для защиты разъединителей, имеющих изоляцию того же класса напряжения, что и ВЛ.

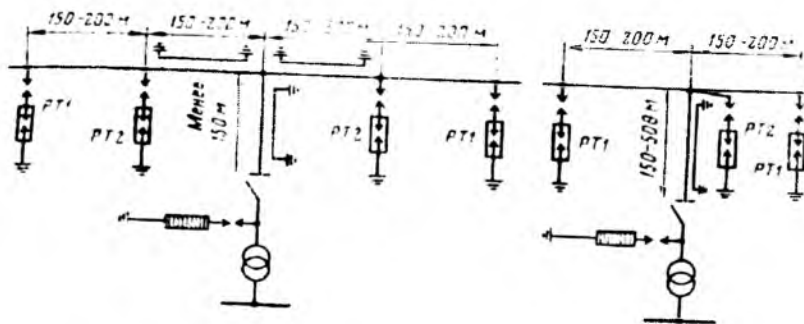


Рис. 4.2.18. Схемы защиты от грозовых перенапряжений ПС, присоединенных к ВЛ ответвлениями длиной до 150 и более 150 м.

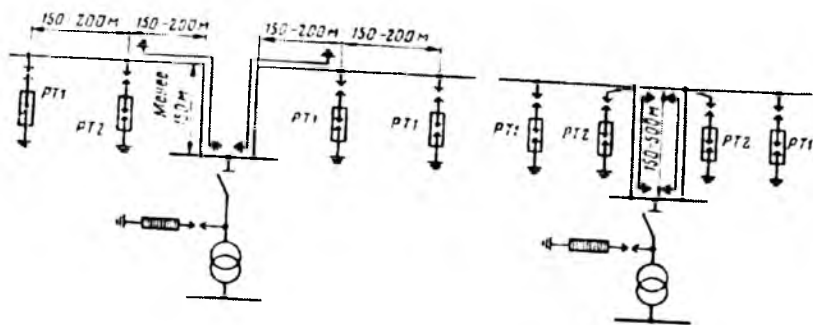


Рис. 4.2.19. Схемы защиты от грозовых перенапряжений ПС, присоединенных к ВЛ с помощью заходов длиной до 150 и более 150 м.



Наибольшее допустимое расстояние от вентиляльных разрядников до защищаемого оборудования напряжения 500 кВ

Схема подстанции, количество ВЛ	Количество комплектов разрядников, тип, место установки	Расстояние, м		
		до силовых трансформаторов (автотрансформат) и шунтирующих реакторов	до трансформаторов напряжения	до остального электрооборудования
Тупиковая, по схеме блока трансформатор — линия	Для комплекта вентиляльных разрядников II группы один комплект — у силового трансформатора, второй — в линейной ячейке или на реакторном присоединении	95	150/700	150/700
Проходная с двумя ВЛ и одним трансформатором по схеме «треугольник»	Два комплекта вентиляльных разрядников II группы один комплект — у силового трансформатора, второй — на шинах, в линейной ячейке или на реакторном присоединении	130	350/700	350/900
Проходная с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме «четырёхугольник»	Два комплекта вентиляльных разрядников II группы у силовых трансформаторов	160	350	800
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и двумя трансформаторами	То же	240	450	900
С секциями (системой) шин, с тремя ВЛ и одним трансформатором	Один комплект вентиляльных разрядников II группы у силового трансформатора	175	400	600

Примечание При использовании вентиляльных разрядников I группы для защиты оборудования с изоляцией по государственному стандарту «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ (требования к электрической прочности изоляции)» допустимые расстояния увеличиваются, до силовых трансформаторов (автотрансформаторов), шунтирующих реакторов и трансформаторов напряжения — в 1,5 раза, до остального электрооборудования — в 1,1 раза

В значениях, указанных дробью, числитель — допустимое расстояние до ближайшего вентиляльного разрядника (в линейной ячейке на шинах или на реакторном присоединении), знаменатель — до разрядника, установленного у силового трансформатора

Установка разъединителей в тех пределах защищаемых тросом подходов ВЛ, которые указаны в пунктах 4.2.147, 4.2.155 настоящих Правил и в Таблице 4.2.11, допускается на первой опоре, считая со стороны линии, а также как исключение на остальных опорах подхода при условии применения разъединителей, имеющих изоляцию не ниже изоляции на той же опоре.

4.2.150. Сопротивление заземления трубчатых разрядников, указанных в пункте 4.2.149 настоящих Правил, должно удовлетворять требованиям, приведенным в пунктах 2.5.75 и 2.5.76 ПУЭ. Раздел II.

4.2.151. Ответвление от ВЛ, выполняемое на металлических или железобетонных опорах, должно быть защищено тросом по всей длине, если оно присоединено к ВЛ, защищенной тросом по всей длине и питающей ответственные электроустановки (например, тяговые ПС).

При выполнении ответвления на деревянных опорах в месте его присоединения к линии должен быть установлен комплект трубчатых разрядников.

4.2.152. Для защиты переключательных пунктов 3 — 10 кВ должны быть установлены трубчатые разрядники — по одному комплекту на концевой опоре каждой питающей ВЛ с деревянными опорами. При этом разрядники следует присоединять к заземляющему устройству переключательного пункта.

### **Защита вращающихся электрических машин от грозových перенапряжений**

4.2.153. Воздушные линии с металлическими и железобетонными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 50 МВт (до 50 МВ·А).

ВЛ с деревянными опорами допускается присоединять к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью до 25 МВт (до 25 МВ·А).

Присоединение ВЛ к генераторам (синхронным компенсаторам) мощностью более 50 МВт (более 50 МВ·А) допускается только при помощи разделительного трансформатора.

4.2.154. Для защиты генераторов и синхронных компенсаторов, а также электродвигателей мощностью более 3 МВт, присоединяемых к ВЛ, должны быть применены вентильные разрядники I группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия» и емкости не менее 0,5 мкФ на фазу. Кроме того, должна быть выполнена защита подхода ВЛ к электростанции (ПС) с уровнем грозоупорности не менее 50 кА. Вен-

тильные разрядники следует устанавливать для защиты: генераторов (синхронных компенсаторов) мощностью более 15 МВт (более 15 МВ·А) — на присоединении каждого генератора (синхронного компенсатора); 15 МВт и менее (15 МВ·А и менее) — на шинах (секция шин) генераторного напряжения; электродвигателей мощностью более 3 МВт — на шинах РУ.

При защите генераторов (синхронных компенсаторов) с выведенной нейтралью, не имеющих витковой изоляции (машины со стержневой обмоткой) мощностью 20 МВт и более (20 МВ·А и более), вместо емкостей 0,5 мкФ на фазу может быть применен вентильный разрядник в нейтрали генератора (синхронного компенсатора) на номинальное напряжение машины. Установка защитных емкостей не требуется, если суммарная емкость присоединенных к генераторам (синхронным компенсаторам) участков кабелей длиной до 100 м составляет 0,5 мкФ и более на фазу.

4.2.155. Если вращающиеся машины и ВЛ присоединены к общим шинам электростанции или ПС, то подходы этих ВЛ должны быть защищены от грозовых воздействий с соблюдением следующих требований:

1. Подход ВЛ с железобетонными опорами должен быть защищен тросом на протяжении не менее 300 м; в начале подхода должен быть установлен комплект трубчатых разрядников (рис. 4.2.20, а). Опоры защищенного тросом подхода ВЛ должны иметь деревянные траверсы с расстоянием не менее 1 м по дереву от точки крепления гирлянды изоляторов до стойки опоры. Провода ВЛ следует подвешивать на гирляндах изоляторов (на изоляторах), соответствующих классу напряжения 35 кВ. Сопротивление заземления трубчатых разрядников не должно превышать 5 Ом, а сопротивление заземления тросовых опор — 10 Ом.

Вместо трубчатых разрядников в начале подхода могут быть установлены вентильные разрядники IV группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия». При этом сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом.

На подходах ВЛ с деревянными опорами дополнительно к средствам защиты, применяемым на ВЛ с железобетонными опорами, следует устанавливать комплект трубчатых разрядников на расстоянии 150 м от начала тросового подхода в сторону линии. Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом.

2. На ВЛ, присоединенных к электростанциям и ПС кабельными вставками длиной до 0,5 км, защита подхода должна быть выполнена так же, как на ВЛ без кабельных вставок (см. подпункт 1 настоящего пункта Правил), и дополнительно должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по государственному стандарту «Разрядники вен-

тельные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ «Общие технические условия» в месте присоединения ВЛ к кабелю. Разрядник кратчайшим путем следует присоединять к броне, металлической оболочке кабеля и к заземлителю. Сопротивление заземления разрядника должно превышать 5 Ом.

3. Если подход ВЛ на длине не менее 300 м защищен от прямых ударов молнии зданиями, деревьями или другими высокими предметами, подвеска троса на подходе ВЛ не требуется. При этом в начале защищенного участка ВЛ (со стороны линии) должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия». Сопротивление заземления разрядника не должно превышать 3 Ом.

4. При наличии реактора на присоединении ВЛ подход ВЛ на длине 100—150 м должен быть защищен от прямых ударов молнии тросовым молниеотводом (см. рис. 4.2.20, б). В начале подхода, защищенного тросовым молниеотводом, должен быть установлен комплект трубчатых разрядников, а у реактора — комплект вентильных разрядников IV группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия». Сопротивление заземления трубчатого разрядника должно быть не более 10 Ом.

5. При присоединении ВЛ к шинам РУ с вращающимися машинами через реактор и кабельную вставку длиной более 50 м защита подхода ВЛ от прямых ударов молнии не требуется. В месте присоединения ВЛ к кабелю должен быть установлен комплект трубчатых разрядников с сопротивлением заземления не более 5 Ом, а перед реактором — комплект вентильных разрядников IV группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия» (см. рис. 4.2.20, в).

6. На ВЛ, присоединенных к шинам электростанций (ЭС) с вращающимися машинами мощностью менее 3 МВт (менее 3 МВ·А), подходы которых на длине не менее 0,5 км выполнены на железобетонных или металлических опорах с сопротивлением заземления не более 5 Ом, должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия» на расстоянии 150 м от электростанции (ЭС). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 3 Ом.

При этом защита подхода ВЛ тросом не требуется.

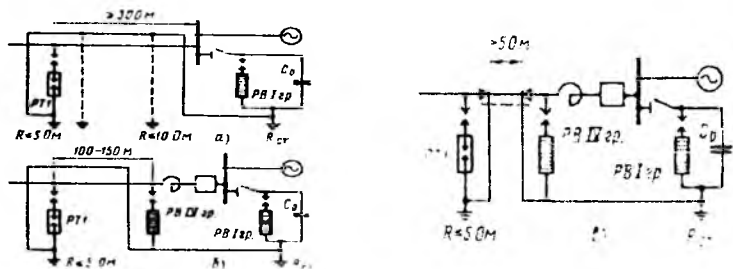


Рис. 4.2.20. Схемы защиты вращающихся машин от грозовых перенапряжений

4.2.156. При применении открытых токопроводов (открытых шинных мостов и подвесных гибких токопроводов) для соединения генераторов (синхронных компенсаторов) с трансформаторами токопроводы должны входить в зоны защиты молниеотводов и сооружений электростанций (ПС). Место присоединения молниеотводов к заземляющему устройству электростанции (ПС) должно быть удалено от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода, считая по полосам заземления, не менее чем на 20 м.

Если открытые токопроводы не входят в зоны защиты молниеотводов ОРУ, то они должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими молниеотводами или тросами, подвешенными на отдельных опорах с защитным углом не более  $20^\circ$ . Заземление отдельно стоящих молниеотводов и тросовых опор должно выполняться обособленными заземлителями, не имеющими соединения с заземляющими устройствами опор токопровода, или путем присоединения к заземляющему устройству РУ в точках, удаленных от места присоединения к нему заземляемых элементов токопровода на расстояние не менее 20 м.

Расстояние от отдельно стоящих молниеотводов (тросовых опор) до тоководующих или заземленных элементов токопровода по воздуху должно быть не менее 5 м. Расстояние в земле от обособленного заземлителя и подземной части молниеотвода до заземлителя и подземной части токопровода должно быть не менее 5 м.

4.2.157. Если ПС промышленного предприятия присоединена открытыми токопроводами к РУ генераторного напряжения ТЭЦ, имеющей генераторы мощностью до 120 МВт, то защита токопроводов от прямых уда-

ров молнии должна быть выполнена так, как указано в пункте 4.2.156 настоящих Правил для токопроводов, не входящих в зоны защиты молниесводов РУ.

При присоединении открытого токопровода к РУ генераторного напряжения через реактор перед реактором должен быть установлен комплект вентильных разрядников IV группы.

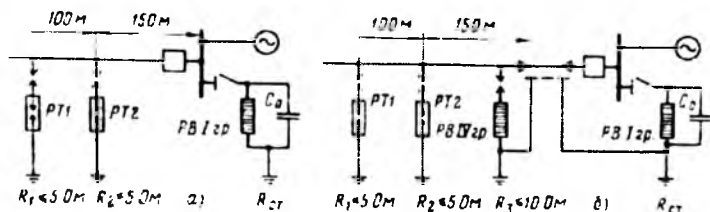


Рис. 4.2.21. Схемы защиты электродвигателей мощностью до 3 МВт: при подходе ВЛ на деревянных опорах

Для защиты генераторов от волн грозовых перенапряжений, набегающих по токопроводу, и от индуктированных перенапряжений должны быть установлены вентильные разрядники I группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия» и защитные конденсаторы, емкость которых на три фазы при номинальном напряжении генераторов должна составлять не менее: при напряжении 6 кВ — 0,8 мкФ, при 10 кВ — 0,5 мкФ и при 13,8 — 20 кВ — 0,4 мкФ.

Защитные конденсаторы не требуется устанавливать, если суммарная емкость генераторов и кабельной сети на шинах генераторного напряжения имеет требуемое значение. При определении емкости кабельной сети в этом случае учитываются участки кабелей на длине до 750 м.

4.2.158. Присоединение ВЛ к электродвигателям мощностью до 3 МВт, имеющим надежное резервирование, допускается при отсутствии защиты подходов от прямых ударов молнии. При этом требуется установка на подходе ВЛ двух комплектов трубчатых разрядников на расстояниях 150 и 250 м от шин подстанции (рис. 4.2.21, а). Сопротивление заземления разрядников должно быть не более 5 Ом.

На подходе ВЛ с железобетонными или металлическими опорами трубчатые разрядники не требуется устанавливать, если сопротивление заземления опор подхода ВЛ на длине не менее 250 м составляет не более 10 Ом.

При наличии кабельной вставки любой длины непосредственно перед кабелем должен быть установлен вентильный разрядник IV группы по государственному стандарту «Разрядники вентильные переменного тока на номинальное напряжение от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия». Заземляющий зажим разрядника должен быть кратчайшим путем присоединен к металлическим оболочкам кабеля и к заземлителю (рис. 4.2.21, б). У электродвигателя должны быть установлены вентильные разрядники I группы и защитные емкости по 0,5 мкФ на фазу.

### Защита от внутренних перенапряжений

4.2.159. В электрических сетях 6 — 35 кВ, в которых требуется компенсация емкостных токов однофазных замыканий на землю, следует выравнивать емкости фаз сети относительно земли размещением фаз линий и конденсаторов высокочастотной связи на разных фазах линий. Степень несимметрии емкостей по фазам относительно земли не должна превышать 0,75 %.

Места установки дугогасящих заземляющих реакторов должны быть выбраны с учетом конфигурации сети, возможных делений сети на части, вероятных аварийных режимов, влияний на цепи автоблокировки железных дорог и на линии связи.

Дугогасящие заземляющие реакторы не допускается подключать к трансформаторам:

- а) присоединенным к шинам через предохранители;
- б) имеющим соединение с сетью, емкостный ток которой компенсируется только по одной линии.

Мощность дугогасящих заземляющих реакторов выбирается по значению полного емкостного тока замыкания на землю сети с учетом ее развития в ближайшие 10 лет.

4.2.160. В сетях 110 — 220 кВ, которые работают с заземленной нейтралью и имеют изоляцию, соответствующую требованиям государственного стандарта «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции», и повышенный уровень изоляции обмоток 220 кВ силовых трансформаторов (автотрансформаторов), применения специальных мер для ограничения внутренних перенапряжений не требуется.

Обмотки 220 кВ трансформаторов (автотрансформаторов) с уровнем изоляции по государственному стандарту «Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции», а также обмотки 500 кВ трансформаторов (авто-

трансформаторов) должны быть защищены от внутренних перенапряжений вентиляемыми разрядниками серии РВМГ, устанавливаемыми в соответствии с требованиями пункта 4.2.151 настоящих Правил.

4.2.161. В электрических сетях 3 — 35 кВ, в которых не применена компенсация емкостного тока однофазного замыкания на землю и отсутствуют генераторы и синхронные компенсаторы с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, а также в электрических схемах 3 — 35 кВ, которые могут отделяться от дугогасящих заземляющих реакторов и от указанных генераторов и синхронных компенсаторов при автоматических отключениях и при оперативных переключениях в процессе отыскания места замыкания на землю, ремонтов и профилактических испытаний электрооборудования, должны быть предусмотрены средства для предотвращения самопроизвольных смещений нейтрали: в цепь соединенной в разомкнутый треугольник вторичной обмотки трансформаторов напряжения 3 — 35 кВ, используемой для контроля изоляции, должен быть включен резистор сопротивлением 25 Ом, рассчитанный на длительное прохождение тока 4 А.

В электрических схемах 3 — 35 кВ, которые могут отделяться от электрических сетей, имеющих компенсацию емкостного тока, и от генераторов и синхронных компенсаторов с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, в цепь соединенной в разомкнутый треугольник вторичной обмотки трансформатора напряжения, используемой для контроля изоляции, должны быть включены резистор сопротивлением 25 Ом и устройство, обеспечивающее возможность его отключения.

Кроме того, в схемах блоков генератор — трансформатор и синхронный компенсатор — трансформатор необходимо предусматривать второй такой же резистор, который автоматически шунтирует постоянно включенный резистор при возникновении феррорезонансного процесса.

В электрических сетях и схемах соединений 3 — 35 кВ, в которых не требуется измерения фазных напряжений относительно земли (контроль изоляции) или напряжения нулевой последовательности, рекомендуется применять трансформаторы напряжения, первичные обмотки которых не имеют соединения с землей.

В электрических сетях и схемах соединений 3 — 35 кВ, в которых имеются дугогасящие реакторы или генераторы (синхронные компенсаторы) с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора, защита от самопроизвольных смещений нейтрали не требуется.

4.2.162. В сетях 500 кВ в зависимости от протяженности и количества линий, схемы сети, типа выключателей, мощности трансформаторов и других параметров следует предусматривать меры по ограничению длитель-



ных повышений напряжения и средства для защиты от коммутационных перенапряжений. Необходимость ограничения длительных повышений напряжения и коммутационных перенапряжений, требования к средствам защиты и оценка правильности их выбора устанавливаются на основе расчета перенапряжений. Допустимые для оборудования 500 кВ повышения напряжения должны устанавливаться в зависимости от длительности их воздействия.

4.2.163. Коммутационные перенапряжения в сетях 500 кВ должны быть ограничены до расчетной кратности, равной 2,5.

С целью ограничения опасных для оборудования коммутационных перенапряжений следует применять на ВЛ комбинированные вентильные разрядники, электромагнитные трансформаторы напряжения или другие средства, а также сочетание их с мероприятиями по ограничению длительных повышений напряжения (установка шунтирующих реакторов, схемные мероприятия, системная автоматика). Средства защиты от перенапряжений оборудования 500 кВ следует выбирать на основе расчетов внутренних перенапряжений в электропередаче.

4.2.164. Для РУ 220 — 500 кВ с воздушными выключателями следует предусматривать мероприятия по предотвращению феррорезонансных перенапряжений, возникающих при последовательных включениях трансформаторов напряжения и емкостных делителей напряжения выключателей.

### **Пневматическое хозяйство**

4.2.165. Для снабжения воздухом электрических аппаратов (воздушных выключателей, пневматических приводов к масляным выключателям и разъединителям) РУ электрических станций и ПС должна предусматриваться установка сжатого воздуха, состоящая из стационарной компрессорной установки и воздухораспределительной сети. Выход из строя или вывод в ремонт любого элемента установки сжатого воздуха не должен нарушать нормальную работу установки.

4.2.166. Воздух, поступающий в аппараты, должен быть очищен от механических примесей и осушен. Относительная влажность осушенного воздуха должна удовлетворять требованиям конструкции аппаратов.

4.2.167. Получение в компрессорной установке осушенного воздуха осуществляется применением термодинамического способа осушки воздуха, для чего предусматриваются две ступени давления:

а) компрессорное (повышенное) — для компрессоров и воздухосборников — аккумуляторов сжатого воздуха, выбираемое из условия обеспече-

ния требуемой относительной влажности сжатого воздуха электроаппаратуры распределительного устройства;

б) рабочее (номинальное) — для воздухораспределительной сети в соответствии с номинальным давлением воздуха электроаппаратуры распределительного устройства.

Системы компрессорного и рабочего давлений должны связываться между собой перепускными клапанами.

Для снабжения сжатым воздухом с требуемой температурой точки росы выключателей допускается дополнительно применять физико-химический (адсорбционный) способ осушки воздуха. При этом число блоков очистки воздуха должно быть не менее двух.

4.2.168. Производительность рабочих компрессоров должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить:

1. В установках с компрессорами давлением до 5 МПа:

а) 0,5 ч непрерывной работы с двухчасовой паузой;

б) восстановление давления в воздухохранилищах компрессорного давления, сниженного на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы, за 2 ч, пока компрессоры не работают, — в течение 0,5 ч.

2. В установках с компрессорами давлением 23 МПа:

а) 1,5 ч непрерывной работы с двухчасовой паузой;

б) восстановление давления в воздухохранилищах (условия аналогичны изложенным в подпункте 1, б настоящего пункта Правил) в течение 1,5 ч.

При любом количестве рабочих компрессоров должен быть предусмотрен один резервный.

Для питания воздухом выключателей ПС и РУ промышленных предприятий допускается использование заводской пневматической установки при условии обеспечения ею требований настоящей главы.

На ПС с одним масляным выключателем, имеющим пневмопривод, должен устанавливаться один компрессор (без резерва).

4.2.169. Пополнение воздуха в резервуарах электроаппаратов в рабочем и аварийном режимах должно осуществляться за счет запаса воздуха в воздухохранилищах компрессорного давления.

Емкость воздухохранилищ должна обеспечивать покрытие суммарного расхода воздуха (при неработающих компрессорах):

а) в рабочем режиме — на вентилирование воздушных выключателей и на утечки всей системы — за 2 ч, пока компрессоры не работают. При этом остаточное давление в воздухохранилищах должно быть таким, чтобы обеспечивалась требуемая осушка воздуха в электроаппаратах;

б) в аварийном режиме — на восстановление давления в резервуарах воздушных выключателей (до наименьшего допустимого значения по условиям работы выключателей) при одновременном отключении наибольшего количества выключателей, возможного по режиму работы электроустановок с учетом действия защит и АПВ. При этом наименьшее давление сжатого воздуха в воздухоборниках должно быть выше наибольшего номинального давления сжатого воздуха в аппаратах:

на 25 — 30 % — в установках с компрессорами до 5 МПа;

на 80 % — в установках с компрессорами 23 МПа.

4.2.170. В расчетах следует принимать, что начало аварийного режима с массовым отключением выключателей совпадает с моментом периодического включения в работу компрессорной установки (т. е. когда давление в воздухоборниках снизилось до пускового давления компрессора).

4.2.171. Воздухоборники давлением до 5 МПа должны быть снабжены: предохранительным клапаном пружинного типа, указывающим манометром с трехходовым краном; спускным вентилям; отверстием с пробкой для выпуска воздуха при гидравлических испытаниях; лазом или люком (для осмотра и чистки); штуцерами с фланцами для присоединения воздухопроводов; поддерживающими опорами.

Должен быть предусмотрен электрический подогрев спускного вентиля воздухоборника, включаемый вручную перед спуском конденсата на время таяния льда.

Для обеспечения более высокой степени осушки сжатого воздуха следует предусматривать последовательное соединение воздухоборников (не менее трех).

4.2.172. Воздухоборники давлением 23 МПа должны иметь на каждую группу из трех баллонов указывающий манометр с трехходовым краном, предохранительный клапан и конденсатосборник с автоматической продувкой. Нижняя часть воздухоборников должна размещаться в специальной теплоизоляционной камере, имеющей автоматический электрообогрев.

4.2.173. Между конечным водомаслоотделителем в компрессорной установке и воздухоборниками должны устанавливаться обратные клапаны.

4.2.174. Перепускные клапаны должны поддерживать в воздухопроводной распределительной сети и в резервуарах воздушных выключателей давление в заданных заводами пределах, обеспечивающее номинальную отключающую способность и надежную работу выключателей в режиме неуспешного АПВ.

Пропускная способность перепускных клапанов и воздухопроводов распределительной сети должна обеспечивать за время не более 3 мин восстановление давления воздуха (до наименьшего допустимого значения по

условиям работы выключателей) в резервуарах выключателей, которые могут отключаться одновременно в цикле неуспешного АПВ.

Перепускной клапан в нормальном режиме, как правило, должен обеспечивать непрерывный перепуск небольшого количества воздуха для покрытия расхода на утечки и вентилирование в системе после клапана.

4.2.175. Для каждого значения номинального давления электроаппаратов РУ должна выполняться своя воздухораспределительная сеть, питающаяся не менее чем двумя перепускными клапанами от компрессорной установки.

4.2.176. Перепускные клапаны должны выполняться с электромагнитным управлением.

Управление автоматикой включения и отключения перепускными клапанами должно осуществляться, независимо от режима работы компрессоров. Управление электромагнитными приводами перепускных клапанов должна осуществляться контактными манометрами, устанавливаемыми в шкафу манометров наружной установки в сети рабочего давления у ближайшего по ходу воздуха выключателя к компрессорной установке.

4.2.177. Компрессорная установка должна быть полностью автоматизирована и должна работать без постоянного дежурства персонала.

Компрессорная установка должна быть оборудована автоматическим управлением, поддерживающим давление в воздухохраниках и в резервуарах выключателей в установленных пределах.

Схема автоматического управления компрессорной установки должна предусматривать автоматический запуск и останов рабочих и резервных компрессоров, автоматическую продувку (спуск влаги и масла) водомаслоотделителей, автоматическое управление перепускными клапанами и защиту компрессорных агрегатов при повреждениях и неполадках.

Установка сжатого воздуха должна быть оборудована сигнализацией, действующей при нарушениях нормальной ее работы.

4.2.178. Устройство автоматизированных компрессорных установок с машинами производительностью до 5 м<sup>3</sup>/мин в РУ регламентируется требованием правил устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов Государственной инспекции «Саноатконтехназорат».

4.2.179. Воздухохраники должны удовлетворять требованиям правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением Государственной инспекции «Саноатконтехназорат».

4.2.180. Воздухохраники должны устанавливаться на открытом воздухе на расстоянии 0,7 — 1 м от стены компрессорной, желательно с теневой стороны. Специальный навес над ними (для защиты от солнечных лучей)

не требуется. Должна предусматриваться возможность монтажа и демонтажа любого воздухоборника без нарушения нормальной эксплуатации остальных. Допускается установка воздухоборников в отдельном помещении того здания, в котором размещается ЗРУ с воздушными выключателями.

4.2.181. Забор воздуха компрессорами должен осуществляться из компрессорного помещения через фильтры, расположенные на компрессоре.

4.2.182. Спускные клапаны водомаслоотделителей компрессора присоединяются к системе дренажа, выводимой наружу в специально предусмотренный для этого приямок. Дренажная труба должна иметь достаточные наклон и диаметр, чтобы исключить возможность ее засорения и повышения давления в водомаслоотделителях компрессоров при одновременной работе всех спускных клапанов.

4.2.183. В помещении компрессорной установки должны быть предусмотрены ремонтная площадка и грузоподъемное устройство для производства монтажных и ремонтных работ.

4.2.184. В помещении компрессорной установки должно быть обеспечено поддержание в зимнее время температуры не ниже плюс 10 °С, а в летнее время — не выше плюс 35 °С. Помещение компрессорной установки должно быть оборудовано электрическим отоплением и вытяжной механической вентиляцией, рассчитанной на удаление избытков теплоты. Охлаждение компрессоров должно быть воздушным с охладителями после каждой ступени сжатия.

4.2.185. Компрессорный агрегат должен устанавливаться на фундаментах, не связанных со стенами здания.

4.2.186. Пол в помещении компрессорной установки должен быть покрыт метлахской плиткой или равноценным материалом; стены должны быть оштукатурены, и иметь панели, окрашенные масляной краской до высоты не менее 1,5 м от пола.

4.2.187. Двери помещения компрессорной установки должны открываться наружу; замки дверей должны быть самозапирающимися, а двери должны открываться изнутри без ключа с помощью рукоятки; окна должны открываться наружу и должны быть оборудованы фрамугами.

4.2.188. Воздухопроводная распределительная сеть должна, как правило, выполняться кольцевой, разделенной на участки при помощи запорных вентилей.

Питание воздухопроводной сети должно осуществляться двумя магистралями от компрессорной установки.

4.2.189. Для защиты распределительной сети в ней должны быть установлены предохранительные клапаны, срабатывающие при превышении

давления в сети до 1,1 номинального. Предохранительные клапаны следует устанавливать в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети возле шкафа манометров, указанных в пункте 4.2.176 настоящих Правил.

4.2.190. Линейные водоотделители устанавливаются вне помещений компрессорной установки в обеих нитках питающей магистрали воздухораспределительной сети. Линейный водоотделитель должен иметь спускной вентиль и штуцер с фланцами для присоединения, подводящего и отводящего воздухопроводов.

4.2.191. Воздухопроводы и арматура распределительной сети должны быть доступны для обслуживания.

4.2.192. Прокладка воздухопроводов распределительной сети может выполняться открыто по конструкции и стойкам под оборудование в кабельных туннелях, каналах и лотках совместно с кабелями, а в закрытых помещениях — также по стенам и потолкам.

4.2.193. Воздухопроводы следует прокладывать с уклоном 0,3 % с установкой в нижних точках спускных вентилях для продувки сети. Ответвления к аппаратам следует прокладывать с уклоном 0,3 % в направлении главной магистрали.

4.2.194. Для компенсации температурных деформаций в воздухопроводной распределительной сети должны быть предусмотрены компенсаторы, выполняемые из труб того же диаметра, что и магистральный воздухопровод.

4.2.195. Воздухопроводы компрессорной установки, распределительной сети и ответвления к шкафам управления должны выполняться из стальных бесшовных труб, причем на давление 23 МПа — из нержавеющей стали, воздухопроводы от шкафов управления к резервуарам воздушных выключателей — из медных труб. Воздухопроводы между шкафами и пневматическими приводами разъединителей следует выполнять из стальных труб. Радиус изгиба стальных воздухопроводов должен быть не менее четырехкратного наружного диаметра трубы.

Воздухопроводы компрессорного давления, расположенные вне помещения компрессорной установки до воздухооборников и в пределах стены, через которую они проходят, должны быть покрыты теплоизоляцией.

4.2.196. Стальные воздухопроводы должны быть соединены сваркой встык; соединения с арматурой — фланцевые.

Для труб с внутренним диаметром 6 — 8 мм допускаются фланцевые соединения или соединения при помощи ниппелей.

4.2.197. Внутренние детали запорных вентилей, обратных и предохранительных клапанов, устанавливаемых после фильтров выключателей, должны быть стойкими к воздействию коррозии.

4.2.198. Внутренние поверхности воздухоборников и линейных водоотделителей должны быть очищены от ржавчины и грязи и должны иметь антикоррозийное покрытие.

4.2.199. Наружные поверхности воздухоборников и линейных водоотделителей, устанавливаемых на открытом воздухе, должны быть окрашены устойчивой краской светлого тона.

4.2.200. Запорный вентиль, фильтр, обратный клапан и манометр в отвлении к воздушному выключателю должны размещаться в специальном распределительном шкафу (поставляемом с выключателем) и должны быть снабжены электроподогревом.

4.2.201. Все элементы установки сжатого воздуха должны быть доступны для разборки и чистки.

### **Масляное хозяйство**

4.2.202. Для обслуживания маслonaполненного оборудования ПС на предприятиях сетевых районов энергосистемы должны быть предусмотрены централизованные масляные хозяйства, оборудованные резервуарами для хранения и переработки масла, насосами, установками для очистки и регенерации масел, передвижными маслоочистительными и дегазационными установками, емкостями для транспортировки масла. Местоположение и объем централизованных масляных хозяйств определяются проектом организации эксплуатации энергосистемы.

4.2.203. На электростанциях, на ПС 500 кВ независимо от мощности установленных трансформаторов, следует предусматривать масляные хозяйства с оборудованием для обработки масла.

Склады масла таких маслохозяйств должны иметь:

- а) на тепловых электростанциях — по 4 резервуара турбинного и изоляционного масла;
- б) на гидроэлектростанциях — по 3 резервуара турбинного и изоляционного масла;
- в) на ПС — 3 резервуара изоляционного масла.

Объем каждого резервуара должен быть не менее:

для турбинного масла — объема масляной системы одного агрегата и доливки масла в размере 45 - дневной потребности всех агрегатов для тепловых электростанций и 10 % объема агрегата для гидроэлектростанций;

для изоляционного масла — объема одного наиболее крупного трансформатора с запасом 10 %.

В зависимости от оснащенности энергосистемы передвижными установками по обработке масла и от транспортных связей между ПС и централизованным маслохозяйством энергосистемы мастерская маслохозяйства может оснащаться не всеми стационарными установками по обработке масла или совсем не сооружаться. В последнем случае необходимо предусматривать аппаратную маслохозяйства с коллектором для присоединения передвижных маслообрабатывающих установок изоляционного масла.

4.2.204. На ПС 110 кВ и выше с баковыми масляными выключателями 110 кВ и выше должен сооружаться открытый склад масла из двух стационарных резервуаров изоляционного масла. Объем каждого резервуара должен быть не менее объема масла трех баков наибольшего выключателя с запасом на доливку не менее 1 % всего количества масла, залитого в аппараты и трансформаторы ПС.

Склады масла на ПС с баковыми масляными выключателями не следует сооружать:

- а) при хороших транспортных связях между ПС и централизованным маслохозяйством энергосистемы;
- б) при количестве масляных выключателей на ПС не более двух;
- в) на ПС глубокого ввода, расположенных в черте города.

4.2.205. На ПС с синхронными компенсаторами должны сооружаться два стационарных резервуара турбинного масла вне зависимости от количества и объема резервуаров изоляционного масла. Системы турбинного и изоляционного масла должны быть независимыми.

Объем каждого резервуара должен быть не менее 110 % объема масляной системы наибольшего синхронного компенсатора, устанавливаемого на данной ПС.

4.2.206. На остальных ПС, кроме оговоренных в пунктах 4.2.203 и 4.2.204 настоящих Правил, маслохозяйство и маслосклады не должны сооружаться. Доставка на них сухого масла осуществляется в передвижных резервуарах или автоцистернах с централизованных масляных хозяйств сетевых районов энергосистемы.

4.2.207. Стационарные маслопроводы к масляным выключателям и трансформаторам всех напряжений не должны прокладываться. Слив и заливка масла должны выполняться с использованием инвентарных маслопроводов и резервуаров (автоцистерн).

Стационарные маслопроводы на электростанциях и ПС 500 кВ следует прокладывать от мастерской или аппаратной маслохозяйства к помещению для ремонта трансформаторов (к трансформаторной башне на ПС или к



монтажной площадке машинного зала на электростанциях) и к складу масла, а также к месту слива масла из цистерн.

Стационарные маслопроводы следует выполнять из стальных труб, соединяемых сваркой (кроме стыков с арматурой).

4.2.208. Проектирование собственного масляного хозяйства ПС промышленных предприятий должно производиться с требованиями настоящего раздела и инструкцией.

4.2.209. Резервуары для хранения масла должны быть оборудованы воздухоосушительными фильтрами, указателем уровня масла, пробно-спускным краном на сливном патрубке.

4.2.210. Расстояния от стенок резервуаров открытых складов масла должны быть не менее:

а) до зданий и сооружений электростанций и ПС (в том числе до трансформаторной мастерской): для складов общим объемом до 100 т масла — 12 м; для складов более 100 т — 18 м;

б) до жилых и общественных зданий — на 25 % больше расстояний, указанных в подпункте «а» настоящего пункта Правил;

в) до аппаратной маслохозяйства — 8 м;

г) до складов баллонов водорода — 20 м.

### **Установка силовых трансформаторов**

4.2.211. Требования пунктов 4.2.212 — 4.2.263 настоящих Правил распространяются на стационарную установку в помещениях и на открытом воздухе силовых и регулировочных трансформаторов (автотрансформаторов) и масляных реакторов (в том числе дугогасящих заземляющих) с высшим напряжением 3 кВ и выше и не распространяются на электроустановки специального назначения.

Трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы, перечисленные в настоящем параграфе, поименованы в пунктах 4.2.212 — 4.2.263 настоящих Правил термином «трансформаторы».

Установка вспомогательного оборудования трансформаторов (электродвигателей системы охлаждения, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств управления) должна отвечать требованиям соответствующих глав настоящих Правил.

Требования пунктов 4.2.221, 4.2.226 и 4.2.227 настоящих Правил не относятся к установке трансформаторов, входящих в КТП с высшим напряжением 10 кВ и ниже.

4.2.212. В регионах с холодным климатом, с повышенной сейсмичностью должны применяться трансформаторы соответствующего исполнения.

4.2.213. Выбор параметров трансформаторов должен производиться в соответствии с режимами их работы. При этом должны быть учтены как длительные нагрузочные режимы, так и кратковременные и толчковые нагрузки, а также возможные в эксплуатации длительные перегрузки. Это требование относится ко всем обмоткам многообмоточных трансформаторов.

4.2.214. Трансформаторы должны быть установлены так, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях без снятия напряжения.

Для наблюдения за уровнем масла в маслоуказателях должно быть предусмотрено освещение маслоуказателей в темное время суток, если общее освещение недостаточно.

4.2.215. К газовым реле трансформаторов должен быть обеспечен безопасный доступ для наблюдения и отбора проб газа с разгрузкой и отключением трансформатора. Для этого трансформаторы, имеющие высоту от уровня головки рельса до крышки бака 3 м и более, должны снабжаться стационарной лестницей.

4.2.216. На крышках и баках трансформаторов допускается установка вентильных разрядников не выше 35 кВ, соответствующих требованиям действующего государственного стандарта для разрядников, устанавливаемых на крышке трансформатора.

4.2.217. Для трансформаторов, имеющих катки, в фундаментах должны быть предусмотрены направляющие. Для закрепления трансформатора на направляющих должны быть предусмотрены упоры, устанавливаемые с обеих сторон трансформатора.

Трансформаторы массой до 2 т, не снабженные катками, допускается устанавливать непосредственно на фундаменте.

Сейсмостойкие трансформаторы устанавливаются непосредственно на фундамент с креплением их к закладным элементам фундамента для предотвращения их смещений в горизонтальном и вертикальном направлениях.

На фундаментах трансформаторов должны быть предусмотрены места для установки домкратов, применяемых для создания уклона трансформатора.

4.2.218. Уклон масляного трансформатора, необходимый для обеспечения поступления газа к газовому реле (если он не предусмотрен конструк-

цией бака трансформатора), должен создаваться путем установки подкладок под катки.

4.2.219. Трансформаторы должны устанавливаться так, чтобы отверстие выхлопной трубы не было направлено на близко установленное оборудование. Для выполнения этого требования допускается установка заградительного щита против отверстия трубы, между трансформатором и оборудованием.

4.2.220. Вдоль путей перекачки, а также у фундаментов трансформаторов массой более 20 т должны быть предусмотрены анкеры, позволяющие закреплять за них лебедки, направляющие блоки, полиспасты, используемые при перекачке трансформаторов в обоих направлениях на собственных катках. В местах изменения направления движения должны быть предусмотрены площадки для установки домкратов.

4.2.221. Расстояние в свету, между открыто установленными трансформаторами должно быть не менее 1,25 м.

Указанное расстояние принимается до наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от поверхности земли.

При единичной мощности открыто установленных трансформаторов 110 кВ и выше (как трехфазных, так и однофазных) 63 МВ А и более между ними или между ними и трансформаторами любой мощности (включая регулировочные, собственных нужд и др.) должны быть, установлены разделительные перегородки, если расстояние в свету между трансформаторами принято менее 15 м для свободно стоящих трансформаторов и менее 25 м для трансформаторов, установленных вдоль наружных стен зданий электростанций на расстоянии от стен менее 40 м.

Разделительные перегородки должны иметь предел огнестойкости не менее 1,5 ч, ширину не менее ширины маслоприемника (травийной подсыпки) и высоту не менее высоты вводов высшего напряжения. Перегородки должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Расстояние в свету между трансформатором и перегородкой должно быть не менее 1,5 м.

Если трансформаторы собственных нужд или регулировочные установлены с силовым трансформатором, оборудованным автоматическим стационарным устройством пожаротушения, и присоединены в зоне действия защиты от внутренних повреждений силового трансформатора, то допускается вместо разделительной перегородки выполнять автоматическую стационарную установку пожаротушения трансформатора собственных нужд или регулировочного, объединенную с установкой пожаротушения силового трансформатора.

4.2.222. Последовательные регулировочные трансформаторы должны устанавливаться в непосредственной близости от регулируемых трансформаторов. Следует предусматривать возможность их перекатки по общему пути.

4.2.223. Трансформаторы 500 кВ независимо от их мощности, а также 220 кВ мощностью 200 МВ·А и более должны оборудоваться стационарными автоматическими установками пожаротушения.

4.2.224. Автоматический пуск установки пожаротушения должен дублироваться дистанционным пуском со щита управления и ручным пуском. Устройства ручного пуска должны располагаться в месте, не подверженном действию огня.

Включение установки пожаротушения трехфазной группы трансформаторов должно производиться только на поврежденные фазы.

4.2.225. Каждый масляный трансформатор, размещаемый внутри помещений, следует устанавливать в отдельной камере (исключение — см. пункт 4.2.84 настоящих Правил), расположенной в первом этаже и изолированной от других помещений здания. Допускается установка масляных трансформаторов на втором этаже, а также ниже уровня пола первого этажа на 1 м в незатопляемых зонах при условии обеспечения возможности транспортирования трансформаторов наружу и удаления масла в аварийных случаях в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 4.2.90, подпункте 2 настоящих Правил, как для трансформаторов с массой масла более 600 кг.

В случаях необходимости установки трансформаторов внутри помещений выше второго этажа или ниже уровня пола первого этажа более чем на 1 м они должны быть с негорючим заполнением или сухими в зависимости от условий окружающей среды и технологии производства. При размещении трансформаторов внутри помещений следует руководствоваться также пунктом 4.2.69 настоящих Правил.

Допускается установка в одной общей камере двух масляных трансформаторов мощностью не более 1 МВ·А каждый, имеющих общее назначение, управление и защиту и рассматриваемых как один агрегат.

Сухие трансформаторы или имеющие негорючее заполнение могут устанавливаться в общей камере в количестве до 6 шт., если это не вызывает усложнения в эксплуатации при проведении ремонта.

4.2.226. Для трансформаторов, устанавливаемых внутри помещений, расстояния в свету от наиболее выступающих частей трансформаторов, расположенных на высоте менее 1,9 м от пола, должны быть не менее:

а) до задней и боковых стен — 0,3 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ·А и 0,6 м для трансформаторов большей мощности;

б) со стороны входа: до полотна двери или выступающих частей стены — 0,6 м для трансформаторов мощностью до 0,4 МВ·А, 0,8 м для трансформаторов более 0,4 до 1,6 МВ·А и 1 м для трансформаторов мощностью более 1,6 МВ·А.

4.2.227. Пол камер масляных трансформаторов должен иметь уклон 2 % в сторону маслоприемника.

4.2.228. Двери (ворота) камер трансформаторов должны быть выполнены в соответствии с пунктом 4.2.82 настоящих Правил.

Непосредственно за дверью камеры допускается устанавливать на высоте 1,2 м барьер (для осмотра трансформатора с порога, без захода в камеру).

4.2.229. В камерах трансформаторов могут устанавливаться относящиеся к ним разъединители, предохранители и выключатели нагрузки, разрядники и дугогасящие заземляющие реакторы, а также оборудование системы охлаждения.

4.2.230. Каждая камера масляных трансформаторов должна иметь отдельный выход наружу или в смежное помещение с несгораемым полом, стенами и перекрытием, не содержащее огнеопасных и взрывоопасных предметов, аппаратов и производств.

Камеры, из которых трансформаторы выкатываются в цех, должны соответствовать требованиям, приведенным в пунктах 4.2.94, 4.2.102, 4.2.104 и 4.2.109 настоящих Правил.

4.2.231. Расстояние по горизонтали от дверного проема трансформаторной камеры встроенной или пристроенной ПС до проема ближайшего окна или двери помещения должно быть не менее 1 м.

Выкатка трансформаторов мощностью более 0,1 МВ·А из камер во внутренние проезды шириной менее 5 м между зданиями не допускается. Это требование не распространяется на камеры, выходящие в проходы и проезды внутри производственных помещений.

4.2.232. Вентиляционная система камер трансформаторов должна обеспечивать отвод выделяемой ими теплоты (см. пункт 4.2.91 настоящих Правил) и не должна быть связана с другими вентиляционными системами.

Стенки вентиляционных каналов и шахт должны быть выполнены из несгораемых материалов и должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Вентиляционные шахты и проемы должны быть расположены таким образом, чтобы в случае образования или попадания в них влаги она не могла стекать на трансформаторы, либо должны быть применены меры для защиты трансформатора от попадания влаги из шахты.

Вентиляционные проемы должны быть закрыты сетками с размером ячейки 1 x 1 см и защищены от попадания через них дождя и снега.

4.2.233. Вытяжные шахты камер трансформаторов, пристроенных к зданиям с несгораемыми стенами, но имеющим кровлю из сгораемого материала, должны быть отнесены от стен здания не менее чем на 1,5 м, или же конструкции кровли из сгораемого материала должны быть защищены парапетом из несгораемого материала высотой не менее 0,6 м. Вывод шахт выше кровли здания в этом случае необязателен.

Отверстия вытяжных шахт не должны располагаться против оконных проемов зданий. При устройстве выходных вентиляционных отверстий непосредственно в стене камеры они не должны располагаться под выступающими элементами кровли из сгораемого материала или под проемами в стене здания, к которому камера примыкает.

Если над дверью или выходным вентиляционным отверстием камеры трансформатора имеется окно, то под окном следует устраивать козырек из несгораемого материала с вылетом не менее 0,7 м. Длина козырька должна быть больше ширины окна не менее чем на 0,8 м в каждую сторону.

4.2.234. Трансформаторы с принудительной системой охлаждения должны быть снабжены устройствами для автоматического пуска и останова устройства системы охлаждения.

Автоматический пуск должен осуществляться в зависимости от температуры верхних слоев масла или температуры обмотки и независимо от этого по току нагрузки трансформатора.

4.2.235. При применении выносных охладительных устройств или устройств охлаждения системы ДЦ они должны размещаться так, чтобы не препятствовать выкатке трансформатора с фундамента и допускать проведение их ремонта при работающем трансформаторе. Поток воздуха от вентиляторов дутья не должен быть направлен на бак трансформатора.

4.2.236. Расположение задвижек или затворов охладительных устройств должно обеспечивать удобный доступ к ним, возможность отсоединения трансформатора от системы охлаждения или отдельного охладителя от системы и выкатки трансформатора без слива масла из охладителей.

4.2.237. Охладительные колонки, адсорберы и другое оборудование, устанавливаемое в системе охлаждения Ц должны располагаться в помещении, температура в котором не снижается ниже плюс 5 °С.

При этом должна быть обеспечена возможность замены адсорбента на месте.

В необходимых случаях должно быть предусмотрено отопление.

4.2.238. Внешние маслопроводы системы охлаждения ДЦ и Ц должны выполняться из нержавеющей стали или материалов, устойчивых против коррозии.

Расположение маслопроводов около трансформатора не должно затруднять обслуживание трансформатора и охладителей и должно обеспечивать минимальную работу при выкатке трансформатора. При необходимости должны быть предусмотрены площадки и лестницы, обеспечивающие удобный доступ к задвижкам и вентиляторам дутья.

4.2.239. Для контроля работы масляных насосов системы ДЦ и Ц и водяных насосов у каждого насоса должен быть предусмотрен манометр. При наличии сетчатых фильтров манометры должны устанавливаться на входе масла в фильтр и выходе из фильтра.

4.2.240. При выносной системе охлаждения, состоящей из отдельных охладителей, все размещаемые в один ряд одиночные или сдвоенные охладители должны устанавливаться на общий фундамент.

Групповые охладительные установки могут размещаться как непосредственно на фундаменте, так и на рельсах, уложенных на фундамент, если предусматривается выкатка этих установок на своих катках.

4.2.241. Шкафы управления электродвигателями систем охлаждения ДЦ, Д и Ц должны устанавливаться за пределами маслоприемника. Навешивание шкафа управления на бак трансформатора допускается, если шкаф и устанавливаемое в нем оборудование рассчитаны на работу в условиях вибрации, создаваемой трансформатором.

4.2.242. Трансформаторы с принудительной системой охлаждения должны быть снабжены сигнализацией о прекращении циркуляции масла, охлаждающей воды или останове вентиляторов дутья, а также об автоматическом включении резервного охладителя или резервного источника питания.

4.2.243. Для шкафов приводов устройств регулирования напряжения под нагрузкой должен быть предусмотрен электрический подогрев с автоматическим управлением.

4.2.244. Адсорберы, предназначенные для очистки масла в трансформаторах и устанавливаемые в системе охлаждения Ц, должны размещаться в помещении, причем должна быть обеспечена возможность замены адсорбента на месте.

4.2.245. Эластичные резервуары азотной защиты масла трансформатора должны быть защищены от солнечного излучения и от воздействия температуры ниже минус 35 °С.

4.2.246. Для ремонта без разборки активной части трансформаторов до 220 кВ при массе кожуха или выемной части не более 25 т должны быть

предусмотрены совмещенные порталы либо должна быть обеспечена возможность подъема кожуха или активной части трансформатора передвижными кранами или инвентарными устройствами. При этом должна быть обеспечена возможность откатки кожуха или активной части и установки инвентарного устройства (шатра) для закрытия активной части.

4.2.247. Стационарные устройства для ремонта трансформаторов без разборки активной части (башни, оборудованные мостовыми кранами) должны предусматриваться:

на ПС 500 кВ;

на ОРУ электростанций при установке на них трансформаторов, если трансформаторы невозможно доставить на монтажную площадку гидроэлектростанции или ремонтную площадку машинного зала тепловой электростанции.

4.2.248. При наличии на ПС до 220 кВ трансформаторов без съёмного кожуха с массой выемной активной части более 25 т для ремонта должны быть предусмотрены стационарные или инвентарные грузоподъемные устройства, связанные с фундаментом трансформатора железнодорожным путем.

4.2.249. При открытой установке трансформаторов вдоль машинного зала электростанции должна быть обеспечена возможность перекатки трансформатора к месту ремонта без разборки трансформатора, снятия вводов и разборки поддерживающих конструкций токопроводов, порталов, шинных мостов и т. п.

4.2.250. Для демонтажа и монтажа узлов трансформатора и системы охлаждения должен быть обеспечен подъезд автокранов соответствующей грузоподъемности и длины стрелы или должны быть предусмотрены другие способы механизации монтажных работ на месте установки трансформатора.

4.2.251. Грузоподъемность крана в трансформаторной башне должна быть рассчитана на массу кожуха трансформатора.

## **Глава 4.3. Преобразовательные подстанции и установки**

### **Область применения, определения**

4.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные преобразовательные ПС и установки с полупроводниковыми преобразовательными агрегатами мощностью 100 кВт и более в единице, предназначенные для питания промышленных потребителей.



Правила не распространяются на тяговые ПС электрифицированных железных дорог и на специальные преобразовательные установки, например для газоочистки, лабораторий и т. п.

4.3.2. Преобразовательные ПС и установки должны удовлетворять требованиям других глав в той мере, в какой они не изменены настоящей Главой.

4.3.3. Класс напряжения отдельных элементов преобразовательного агрегата, в соответствии с которым устанавливаются допустимые наименьшие расстояния между частями, находящимися под напряжением, от этих частей до земли, ограждений, а также ширина проходов, необходимость устройства блокировок дверей определяются:

1) для трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов — по наибольшему действующему значению напряжения между каждыми двумя выводами, а также между каждым выводом и заземленными деталями этих аппаратов;

2) для полупроводникового преобразователя — по наибольшему действующему значению напряжения между каждыми двумя выводами на стороне переменного тока.

4.3.4. Класс напряжения комплектного устройства, состоящего из преобразователя, трансформатора, реакторов и т. п. и смонтированного в общем корпусе, определяется наибольшими значениями напряжений, указанных в подпунктах 1 и 2 настоящего пункта Правил.

### **Общие требования**

4.3.5. На преобразовательных ПС и установках, предназначенных для питания промышленных потребителей, должны применяться полупроводниковые преобразователи.

4.3.6. На преобразовательных ПС и установках должны быть предусмотрены меры по ограничению:

влияния ПС (установки) на качество электрической энергии в питающей сети до значений, оговоренных в государственном стандарте «Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения»;

радиопомех, создаваемых ПС (установкой), до значений, оговоренных в нормах допускаемых промышленных радиопомех.

4.3.7. На преобразовательных ПС и установках следует предусматривать устройства для компенсации реактивной мощности в объеме, определяемом технико-экономическим расчетом.

4.3.8. Степень резервирования питания собственных нужд преобразовательных ПС и установок должна соответствовать степени резервирования питания преобразовательных агрегатов.

4.3.9. Преобразовательные ПС и установки должны быть оборудованы телефонной связью, а также пожарной сигнализацией и другими видами сигнализации, которые требуются по условиям их работы.

4.3.10. Преобразовательные ПС и установки должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, очищенным от пыли и свободным от масла сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха, а также промышленными передвижными пылесосами.

4.3.11. Для монтажа, разборки и сборки преобразователей и другого оборудования следует, как правило, предусматривать инвентарные (применяемые стационарно или передвижные) подъемно-транспортные устройства.

4.3.12. На преобразовательных ПС и установках должны быть предусмотрены пункты питания для переносных электроинструментов, машин для уборки помещений и переносных светильников. Для питания переносных светильников следует применять напряжение не выше 42 В.

### **Защита преобразовательных агрегатов**

4.3.13. Трансформатор преобразовательного агрегата в зависимости от типовой мощности и первичного напряжения должен быть оборудован следующими устройствами защиты:

1. Максимальной токовой защитой мгновенного действия от многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора и, если это возможно, от КЗ в преобразователе, действующей на отключение.

Защита должна быть отстроена по току срабатывания от толчков тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора и от возможных толчков тока нагрузки; защита, как правило, должна быть селективной по отношению к автоматическим выключателям на стороне выпрямленного напряжения и к предохранителям полупроводниковых преобразователей.

Должно быть обеспечено срабатывание защиты при всех предусмотренных значениях вторичного напряжения трансформатора для возможных значений коэффициента трансформации.

В установках с первичным напряжением выше 1 кВ максимальная токовая защита, как правило, должна выполняться двухфазной в трехрелейном исполнении.

В установках с первичным напряжением до 1 кВ защиту трансформатора следует выполнять автоматическим выключателем, имеющим максимальные токовые расцепители в двух фазах при изолированной нейтрали и в трех фазах при глухозаземленной нейтрали сети первичного напряжения.

2. Газовой защитой от внутренних повреждений и понижения уровня масла в трансформаторе.

Газовая защита должна устанавливаться на трансформаторах мощностью 1 МВ А и более, а для внутрицеховых преобразовательных ПС и установок — на трансформаторах мощностью 0,4 МВ А и более. Газовая защита должна действовать на сигнал при слабых газообразованиях и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании.

В зависимости от наличия персонала или сроков его прибытия после появления сигнала, а также от конструкции газового реле может предусматриваться действие защиты на отключение при дальнейшем понижении уровня масла. Для защиты от понижения уровня масла может быть применено отдельное реле уровня в расширителе трансформатора.

3. Защитой от повышения давления (реле давления) герметичных трансформаторов с действием ее на сигнал для трансформаторов мощностью до 0,63 МВ А и с действием на отключение для трансформаторов мощностью более 0,63 МВ А.

4. Защитой от перенапряжений на стороне вторичного напряжения трансформатора при выпрямленном напряжении 600 В и выше.

5. Пробивным предохранителем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора, при вторичном напряжении до 1 кВ.

Устройства защиты с действием на отключение должны действовать на выключатель, установленный на стороне первичного напряжения трансформатора, и при необходимости на автоматический выключатель на стороне выпрямленного тока преобразовательного агрегата.

4.3.14. Полупроводниковый преобразователь в зависимости от мощности, значения выпрямленного напряжения, типа, назначения и режима работы дополнительно к защите по пункту 4.3.13 настоящих Правил должен быть оборудован:

1. Быстродействующими предохранителями в каждой параллельной ветви для защиты отдельных или нескольких последовательно соединенных вентилях. При перегорании двух и более предохранителей должно производиться автоматическое отключение преобразовательного агрегата. Следует предусматривать сигнализацию, реагирующую на перегорание предохранителей.

2. Быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе на стороне выпрямленного напряжения для защиты от междуполюсных замыканий за преобразователем и для защиты от опрокидывания инвертора в реверсивных преобразовательных агрегатах при работе по схеме блок — преобразователь — потребитель.

Количество автоматических выключателей, необходимых для защиты преобразователя, определяется, кроме того, схемой силовых цепей преобразователя и потребителя.

3. Защитой снятия импульсов управления или сдвига импульсов управления в сторону увеличения угла регулирования тиристорных преобразователей для предотвращения сверхтоков.

4. Быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе при работе одного или параллельной работе нескольких полупроводниковых преобразователей на общие сборные шины.

5. Защитой от внутренних и внешних перенапряжений.

4.3.15. Преобразовательный агрегат должен быть оборудован устройствами защиты, контроля и сигнализации, действующими при следующих ненормальных режимах работы:

1. Превышение допустимой температуры масла или негорючей жидкости трансформатора.

2. Превышение допустимой температуры воды, охлаждающей полупроводниковый преобразователь.

3. Перегорание предохранителя в силовой цепи полупроводникового вентиля.

4. Прекращение действия воздушного или водяного охлаждения.

5. Длительная перегрузка преобразовательного агрегата.

6. Отсутствие управляющих импульсов.

7. Повреждение (снижение уровня) изоляции установки.

8. Нарушение работы в других устройствах собственных нужд преобразовательного агрегата, препятствующих его нормальной работе.

4.3.16. На преобразовательных ПС (установках) с дежурством персонала или при контроле их работы диспетчером устройства защиты, контроля и сигнализации, указанные в пункте 4.3.15, подпунктах 1 — 5, 7 и 8 настоящих Правил, должны действовать на сигнал, а указанные в пункте 4.3.15, подпункте 6 настоящих Правил, — на отключение преобразовательного агрегата.

На преобразовательных ПС (установках) без дежурства персонала и без передачи сигналов на диспетчерский пункт устройства защиты, контроля и сигнализации, перечисленные в пункте 4.3.15 настоящих Правил, должны действовать на отключение преобразовательного агрегата.

В отдельных случаях, исходя из местных условий, допускается действие устройств, указанных в пункте 4.3.15, подпункте 1 настоящих Правил, на сигнал.

### **Размещение оборудования, защитные мероприятия**

4.3.17. Трансформатор, регулировочный автотрансформатор, уравнивательные реакторы, анодные делители и фильтровые реакторы, относящиеся к одному преобразовательному агрегату, могут устанавливаться в общей камере.

Установка маслонаполненного оборудования должна производиться в соответствии с требованиями главы 5.1. На КПП и установки распространяются также требования, указанные в пунктах 4.2.100, 4.2.101 настоящих Правил.

4.3.18. Полупроводниковые преобразователи допускается устанавливать совместно с другим оборудованием электротехнических или производственных помещений, если этому не препятствуют условия окружающей среды (сильные магнитные поля, температура, влажность, запыленность и т. п.).

4.3.19. В производственных помещениях полупроводниковые преобразователи следует устанавливать в шкафах.

4.3.20. Двери шкафов преобразователей при выпрямленном напряжении выше 1 кВ вне зависимости от места установки шкафов (электротехническое или производственное помещение) должны быть снабжены блокировкой, отключающей преобразователь со стороны переменного и со стороны выпрямленного тока и не позволяющей включить его при открытых дверях. Двери шкафов преобразователей, устанавливаемых вне электропомещений, должны быть снабжены внутренними замками, отпираемыми специальными ключами.

4.3.21. Открытые полупроводниковые преобразователи, т. е. такие, которые имеют доступные для прикосновения части, находящиеся под напряжением, следует устанавливать только в электропомещениях. При этом преобразователи выше 1 кВ должны иметь сплошное или сетчатое ограждение высотой не менее 1,9 м. Ячейки сетки ограждения должны быть размером не более 25 x 25 мм. Двери ограждений должны иметь блокировку, отключающую преобразователь без выдержки времени как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного тока при открывании дверей.

4.3.22. Открытые преобразователи до 1 кВ могут устанавливаться:

1. На участках пола, изолированных от земли. При этом пол должен быть покрыт слоем изоляции под самим преобразователем и в зоне до 1,5

м от проекции преобразователя. Слой изоляции должен быть механически достаточно прочным и рассчитанным на 10-кратное рабочее напряжение выпрямленного тока. Стены и заземленные предметы, расположенные на расстоянии по горизонтали менее 1,5 м от проекции преобразователя, должны быть покрыты таким же слоем изоляции на высоту 1,9 м либо должны быть защищены изолированными от земли ограждениями.

Преобразователь должен быть огражден поручнями или шнуром из изолированных материалов на изолированных стойках. Ширина прохода в свету от преобразователя до изолированных от земли ограждений, стен и других предметов должна быть не менее 1 м.

2. На неизолированном полу. При этом преобразователи должны иметь сплошные или сетчатые индивидуальные ограждения высотой не менее 1,9 м. Двери ограждения должны иметь блокировку, аналогичную указанной в пункте 4.3.20 настоящих Правил блокировке дверей шкафов, или запираться на замок. В последнем случае над дверями ограждения или на стене должна быть выполнена сигнализация об отключении преобразователя как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного напряжения.

Измерительные приборы, установленные на корпусе преобразователя, должны быть расположены и смонтированы таким образом, чтобы персонал мог следить за показаниями приборов, не заходя за ограждение преобразователя.

4.3.23. Несколько открытых преобразователей, относящихся к одному преобразовательному агрегату, допускается ограждать одним общим ограждением.

4.3.24. При установке открытых преобразователей до 1 кВ на неизолированном полу в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:

1) от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей. 50 мм;

2) от частей одного преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных частей другого преобразователя, заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания 1,5 м;

3) между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания 0,8 м;

4) между частями, находящимися под напряжением, разных преобразователей со стороны обслуживания 2,0 м.

Расстояния, указанные в подпунктах 2 — 4 настоящего пункта Правил, установлены из условия обеспечения захода обслуживающего персонала внутрь ограждений без снятия напряжения с преобразователей.

При установке открытых преобразователей выше 1 кВ в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:

от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей: при напряжении 3 кВ — 165 мм, 6 кВ — 190 мм, 10 кВ — 220 мм;

между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания — 0,8 м; это расстояние установлено из условия обеспечения обслуживания преобразователя при отсутствии напряжения.

4.3.25. В установках, в которых преобразовательный агрегат состоит из двух или более преобразователей и, кроме того, требуется работа части преобразователей при отсутствии напряжения на остальных, электрические соединения отдельных элементов должны быть выполнены так, чтобы имелась возможность отключения каждого преобразователя со стороны переменного и со стороны выпрямленного напряжений.

4.3.26. При установке шкафов с электрооборудованием преобразовательных агрегатов в один ряд ширина прохода со стороны дверей или съемных стенок должна быть не менее 1 м; при открытой на 90 ° двери шкафа допускается сужение прохода до 0,6 м.

При двухрядном расположении шкафов ширина прохода обслуживания между шкафами должна быть не менее 1,2 м; при открытых на 90 дверях двух шкафов, расположенных один против другого, между дверями должен оставаться проход шириной не менее 0,6 м.

При установке электрооборудования в шкафах на выдвижных тележках ширина проходов должна быть не менее:

при однорядном размещении шкафов — длины тележки плюс 0,6 м;

при двухрядном размещении — длины тележки плюс 0,8 м.

Во всех случаях ширина проходов должна быть не менее размера тележки по диагонали.

4.3.27. Аноды преобразователей и их охладители должны быть окрашены в яркий цвет, отличный от цвета остальных частей преобразователя.

4.3.28. На корпусе преобразователя должны быть нанесены предупреждающие знаки с указанием напряжения преобразователя при холостом ходе.

4.3.29. В установках с полупроводниковыми преобразователями изоляция цепей, связанных с вентильными обмотками преобразовательных трансформаторов, цепей управления и «сеточной» защиты, а также цепей,

которые могут оказаться под потенциалом вентиляных обмоток при пробое изоляции, должна выдерживать в течение 1 мин следующее испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц:

Номинальное напряжение цепей, В	До 60	220	500	Выше 500
Испытательное напряжение, кВ	1	1.5	2	$2,5U_{d0} + 1$ , но не менее 3

$U_{d0}$  — выпрямленное напряжение холостого хода.

За номинальное напряжение изоляции принимается наибольшее из номинальных напряжений (действующее значение), воздействующих на изоляцию в проверяемой цепи.

4.3.30. Первичные цепи выпрямленного тока должны иметь изоляцию, соответствующую их рабочему напряжению.

### **Охлаждение преобразователей**

4.3.31. Для обеспечения температурного режима преобразователей, требуемого заводом-изготовителем, должны быть предусмотрены устройства для их охлаждения. Способы охлаждения, температура охлаждающей воды или воздуха и их расход задаются заводом-изготовителем.

4.3.32. При воздушном охлаждении преобразователей содержание пыли в воздухе не должно превышать  $0,7 \text{ мг/м}^3$ . При большей концентрации пыли должна быть предусмотрена очистка воздуха.

4.3.33. При воздушном охлаждении преобразователей воздуховод каждого преобразователя должен иметь заслонку (шибер), обеспечивающую прекращение подачи воздуха к преобразователю вне зависимости от подачи воздуха к другим преобразователям.

4.3.34. При охлаждении преобразователей водой, как правило, следует применять замкнутую циркуляционную систему.

Вода по своим химическим и физическим свойствам (химический состав, электропроводность, жесткость, содержание механических примесей) должна соответствовать требованиям завода-изготовителя.

4.3.35. При охлаждении преобразователей водой по проточной и по циркуляционной системам трубопроводы, подводящие и отводящие охлаждающую воду, должны быть изолированы от охладительной системы, имеющей потенциал преобразователя.



Изоляция должна быть выполнена в виде изоляционных труб или шлангов между преобразователем и теплообменником (при циркуляционной системе) или между преобразователем и водопроводом (при проточной системе). Длина изоляционных труб и шлангов должна быть не менее задаваемой заводом-изготовителем преобразователей.

При проточной системе охлаждения изоляцию между преобразователем и сточной трубой допускается осуществлять посредством струи воды, свободно падающей в приемную воронку.

4.3.36. При применении в качестве охлаждающей жидкости антикоррозионных растворов, имеющих высокую проводимость, оборудование охлаждающей установки (теплообменник, насос, подогреватели), имеющее в этом случае потенциал корпуса преобразователя, должно быть установлено на изоляторах, а трубопроводы между охлаждающей установкой и преобразователем в случае доступности их для прикосновения при работающем преобразователе должны выполняться из изоляционных труб или шлангов. Охлаждающую воду следует подавать в теплообменник через изоляционную вставку (шланг или трубу). Если охлаждающая установка находится вне ограждения преобразователя, она должна иметь сетчатое или сплошное ограждение, отвечающее требованиям пункта 4.3.22, подпункта 2 настоящих Правил, при этом блокировка дверей ограждения должна обеспечивать отключение насоса и подогревателя теплообменника при открывании дверей.

4.3.37. Вентили для регулирования количества охлаждающей воды должны быть установлены в безопасном и удобном для обслуживания месте. В зависимости от места нахождения они должны быть изолированы от земли или заземлены.

4.3.38. Степень резервирования обеспечения преобразовательной ПС (установки) водой должна соответствовать степени резервирования питания ее электроэнергией.

4.3.39. Для контроля за работой охлаждающих устройств должно быть установлено достаточное количество контрольно-измерительных приборов и аппаратуры (термометры, манометры, реле давления и протекания, расходомеры и т. п.).

### **Отопление, вентиляция и водоснабжение**

4.3.40. В помещениях преобразовательных ПС и установок должно быть предусмотрено отопление.

4.3.41. В холодное время при неработающем оборудовании отопление должно обеспечивать температуру не ниже: в помещении преобразова-

тельных агрегатов + 16 °С, в помещениях теплообменников + 10 °С. Во всех остальных помещениях должна быть обеспечена температура, указанная в санитарных нормах.

4.3.42. В летний период температура воздуха в рабочей зоне помещений преобразовательных ПС и установок не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 5 °С, при этом наибольшая температура должна быть не выше + 40 °С.

4.3.43. В помещениях ПС (установки) должны быть приняты меры для удаления избыточной теплоты, выделяемой преобразовательными агрегатами, аппаратурой, резисторами и другим оборудованием при работе установки.

4.3.44. В устройстве общеобменной вентиляции, используемой для удаления избыточной теплоты из помещений, должна быть предусмотрена очистка воздуха от пыли.

4.3.45. Рекомендуется предусматривать отдельные системы вентиляции для первого этажа, подвала и других изолированных помещений. Допускается устройство общей системы вентиляции при наличии управляемых заслонок (шиберов), позволяющих прекратить подачу воздуха в отдельные помещения в случае пожара.

4.3.46. Преобразовательные ПС и установки должны быть обеспечены водой исходя из потребности для охлаждения преобразовательных агрегатов и для санитарно-технических устройств.

4.3.47. Водопровод должен быть оборудован сетчатыми фильтрами, исключающими попадание крупных включений в систему охлаждения преобразователей.

### **Строительная часть**

4.3.48. Здания преобразовательных ПС и помещения преобразовательных установок следует относить к производствам категории Г по КМК.

4.3.49. Стены помещений преобразователей должны быть оштукатурены и окрашены до потолка светлой масляной краской, а потолки — побелены. Окраска и отделка остальных помещений производятся в соответствии с их назначением.

4.3.50. Полы помещений преобразователей должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цемент с мраморной крошкой, метлахская плитка).

4.3.51. В перекрытиях и стенах помещений следует предусматривать монтажные люки или проемы для транспортировки тяжелого и громоздкого оборудования. Люки должны быть расположены в зоне действия грузо-

подъемного устройства. Перекрытие люка должно иметь ту же степень огнестойкости, что и перекрытие помещения, в котором люк расположен.

4.3.52. Подвал помещений должен иметь гидроизоляцию и дренажное устройство.

4.3.53. Кабельные туннели, входящие в здания преобразовательных ПС или помещения преобразовательных установок, в месте их примыкания к зданиям (помещениям) должны быть отделены от них перегородками, имеющими предел огнестойкости 0,75 ч, и дверями, имеющими предел огнестойкости не менее 0,6 ч. Двери должны открываться в сторону помещения ПС (установки) и иметь самозапирающийся замок, отпираемый без ключа со стороны туннеля.

## **Глава 4.4 Аккумуляторные установки**

### **Область применения**

4.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные установки кислотных аккумуляторных батарей.

Правила не распространяются на установки аккумуляторных батарей специального назначения.

Требования к аккумуляторным батареям нового типа по установке, обустройству помещений и их эксплуатации должны соответствовать требованиям завода – изготовителя.

4.4.2. Помещения аккумуляторных батарей, в которых производится заряд аккумуляторов при напряжении более 2,3 В на элемент, относятся к взрывоопасным класса В-Ia (см. также пункты 4.4.29 и 4.4.30 настоящих Правил).

Помещения аккумуляторных батарей, работающих в режиме постоянного подзаряда и заряда с напряжением до 2,3 В на элемент, являются взрывоопасными только в периоды формовки батарей и заряда после их ремонта с напряжением более 2,3 В на элемент. В условиях нормальной эксплуатации с напряжением до 2,3 В на элемент эти помещения не являются взрывоопасными.

### **Электрическая часть**

4.4.3. Выбор электронагревательных устройств, светильников, электродвигателей вентиляции и электропроводок для основных и вспомогательных помещений аккумуляторных батарей, а также установка и монтаж

указанного электрооборудования должны производиться в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 7.3. ПУЭ. Раздел VII.

4.4.4. Зарядное устройство должно иметь мощность и напряжение, достаточные для заряда аккумуляторной батареи на 90 % номинальной емкости в течение не более 8 ч при предшествующем 30 — минутном разряде.

4.4.5. Аккумуляторная установка должна быть оборудована вольтметром с переключателем и амперметрами в цепях зарядного, подзарядного устройств и аккумуляторной батареи.

4.4.6. Для зарядных и подзарядных двигателей-генераторов должны предусматриваться устройства для их отключения при появлении обратного тока.

4.4.7. В цепи аккумуляторной батареи, как правило, должен устанавливаться автоматический выключатель, селективный по отношению к защитным аппаратам сети.

4.4.8. Подзарядное устройство должно обеспечивать стабилизацию напряжения на шинах батареи в пределах  $\pm 2\%$ .

4.4.9. Аккумуляторные установки, в которых применяется режим заряда батарей с напряжением не более 2,3 В на элемент, должны иметь устройство, не допускающее самопроизвольного повышения напряжения до уровня выше 2,3 В на элемент.

4.4.10. Выпрямительные установки, применяемые для заряда и подзаряда аккумуляторных батарей, должны присоединяться со стороны переменного тока через разделительный трансформатор.

4.4.11. Шины постоянного тока должны быть снабжены устройством для постоянного контроля изоляции, позволяющим оценивать значение сопротивления изоляции и действующим на сигнал при снижении сопротивления изоляции одного из полюсов до 20 кОм в сети 220 В, 10 кОм в сети 110 В, 5 кОм в сети 48 В и 3 кОм в сети 24 В.

4.4.12. Для аккумуляторной батареи следует предусматривать блокировку, не допускающую проведения заряда батареи с напряжением более 2,3 В на элемент при отключенной вентиляции.

4.4.13. В помещении аккумуляторной батареи один светильник должен быть присоединен к сети аварийного освещения.

4.4.14. Аккумуляторы должны устанавливаться на стеллажах или на полках шкафа. Расстояния по вертикали между стеллажами или полками шкафа должны обеспечивать удобное обслуживание аккумуляторной батареи. Аккумуляторы могут устанавливаться в один ряд при одностороннем их обслуживании или в два ряда при двустороннем.

В случае применения двоясных стеклянных сосудов они рассматриваются как один аккумулятор.

4.4.15. Стеллажи для установки аккумуляторов должны быть выполнены, испытаны и маркированы в соответствии с требованиями государственных стандартов или технических условий; они должны быть защищены от воздействия электролита стойким покрытием.

4.4.16. Аккумуляторы должны быть изолированы от стеллажей, а стеллажи — от земли посредством изолирующих подкладок, стойких против воздействия электролита и его паров. Стеллажи для аккумуляторных батарей напряжением не выше 48 В могут устанавливаться без изолирующих подкладок.

4.4.17. Проходы для обслуживания аккумуляторных батарей должны быть шириной в свету между аккумуляторами не менее 1 м при двустороннем расположении аккумуляторов и 0,8 м при одностороннем. Размещение аккумуляторных батарей должно производиться с соблюдением требований государственных стандартов на стеллажи для стационарных установок электрических аккумуляторов.

4.4.18. Расстояние от аккумуляторов до отопительных приборов должно быть не менее 750 мм. Это расстояние может быть уменьшено при условии установки тепловых экранов из несгораемых материалов, исключающих местный нагрев аккумуляторов.

4.4.19. Расстояния между токоведущими частями аккумуляторов должны быть не менее 0,8 м при напряжении выше 65 В до 250 В в период нормальной работы (не заряда) и 1 м — при напряжении выше 250 В.

При установке аккумуляторов в два ряда без прохода между рядами напряжение между токоведущими частями соседних аккумуляторов разных рядов не должно превышать 65 В в период нормальной работы (не заряда).

Электрооборудование, а также места соединения шин и кабелей должны быть расположены на расстоянии не менее 1 м от негерметичных аккумуляторов и не менее 0,3 м ниже самой низкой точки потолка.

4.4.20. Ошиновка аккумуляторных батарей должна выполняться медными или алюминиевыми неизолированными шинами или одножильными кабелями с кислотостойкой изоляцией.

Соединения и ответвления медных шин и кабелей должны выполняться сваркой или пайкой, алюминиевых — только сваркой. Соединение шин с проходными стержнями выводной плиты должно выполняться сваркой.

Места присоединения шин и кабелей к аккумуляторам должны обслуживаться.

Электрические соединения от выводной плиты из помещения аккумуляторной батареи до коммутационных аппаратов и распределительного щита постоянного тока должны выполняться одножильными кабелями или неизолированными шинами.

4.4.21. Неизолированные проводники должны быть дважды окрашены кислотостойкой, не содержащей спирта краской по всей длине, за исключением мест соединения шин, присоединения к аккумуляторам и других соединений. Неокрашенные места должны быть смазаны техническим вазелином.

4.4.22. Расстояние между соседними неизолированными шинами определяется расчетом на динамическую стойкость. Указанное расстояние, а также расстояние от шин до частей здания и других заземленных частей должно быть в свету не менее 50 мм.

4.4.23. Шины должны прокладываться на изоляторах и закрепляться на них шинодержателями.

Пролет между опорными точками шин определяется расчетом на динамическую стойкость (с учетом пункта 4.4.22 настоящих Правил), но должен быть не более 2 м. Изоляторы, их арматура, детали для крепления шин и поддерживающие конструкции должны быть электрически и механически стойкими против длительного воздействия паров электролита. Заземление поддерживающих конструкций не требуется.

4.4.24. Выводная плита из помещения аккумуляторной батареи должна быть стойкой против воздействия паров электролита. Рекомендуется применять плиты из пропитанного парафином асбоцемента, эбонита и т. п. Применение для плит мрамора, а также фанеры и других материалов слоистой структуры не допускается.

При установке плит в перекрытии плоскость плиты должна возвышаться над ним не менее чем на 100 мм.

4.4.25. При выборе и расчете аккумуляторной батареи следует учитывать уменьшение ее емкости при температуре в помещении аккумуляторной батареи ниже  $+15^{\circ}\text{C}$ .

### **Строительная часть**

4.4.26. Стационарные аккумуляторные батареи должны устанавливаться в специально предназначенных для них помещениях. Допускается установка в одном помещении нескольких кислотных батарей.

4.4.27. Помещения аккумуляторных батарей относятся к производствам категории Е и должны размещаться в зданиях не ниже II степени огнестойкости по противопожарным требованиям КМК.

Двери и оконные рамы могут быть деревянными.

4.4.28. Аккумуляторные батареи рекомендуется устанавливать в помещениях с естественным освещением; для окон необходимо применять матовое или покрытое белой клеевой краской стекло.

Помещения аккумуляторных батарей допускается выполнять без естественного освещения; допускается также размещение их в сухих подвальных помещениях. В этих случаях не требуется применения легкосбрасываемых панелей.

4.4.29. Переносные аккумуляторы закрытого типа (например, стартерные), применяемые для питания стационарных электроустановок, а также открытые аккумуляторные батареи до 60 В общей емкостью не более 72 А·ч могут устанавливаться как в отдельном помещении с вентиляцией, имеющей естественное побуждение, так и в общем производственном невзрыво- и непожароопасном помещении, в вентилируемых металлических шкафах с удалением воздуха вне помещения. Переносные аккумуляторы закрытого типа, работающие в режиме разряда или постоянного подзаряда, заряд которых производится вне места их установки, могут быть установлены и в металлических шкафах с жалюзи без удаления воздуха вне помещения.

При соблюдении указанных условий класс помещений в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется.

4.4.30. Герметичные стационарные аккумуляторы, заряд которых производится при напряжении не выше 2,3 В на элемент, могут устанавливаться в общем производственном невзрыво- и непожароопасном помещении при условии установки над ними вентиляционного зонта. При этом класс помещений в отношении взрыво- и пожароопасности не изменяется.

4.4.31. Помещение аккумуляторной батареи должно быть:

расположено возможно ближе к зарядным устройствам и распределительному щиту постоянного тока;

изолировано от попаданий в него пыли, испарений и газа, а также от проникновения воды через перекрытие;

легко доступно для обслуживающего персонала.

Кроме того, помещение аккумуляторной батареи не следует размещать вблизи источников вибрации и тряски.

4.4.32. Вход в помещение аккумуляторной батареи должен осуществляться через тамбур. Устройство входа из бытовых помещений не допускается.

Тамбур должен иметь такие размеры, чтобы дверь из помещения аккумуляторной батареи в тамбур можно было открывать и закрывать при закрытой двери из тамбура в смежное помещение; площадь тамбура должна быть не менее 1,5 м<sup>2</sup>. Двери тамбура должны открываться наружу и должны быть снабжены самозапирающимися замками, допускающими открывание их без ключа с внутренней стороны.

На дверях должны быть надписи: «Аккумуляторная», «Огнеопасно», «С огнем не входить», «Курение запрещается».

4.4.33. При помещениях аккумуляторных батарей должна быть отдельная комната для хранения кислоты, сепараторов, принадлежностей и для приготовления электролита площадью не менее 4 м<sup>2</sup>.

4.4.34. Потолки помещений аккумуляторных батарей должны быть, как правило, горизонтальными и гладкими. Допускаются потолки с выступающими конструкциями или наклонные при условии выполнения требований пункта 4.4.43 настоящих Правил.

4.4.35. Полы помещений аккумуляторных батарей должны быть строго горизонтальными, на бетонном основании с кислотостойким покрытием (керамические кислотостойкие плитки с заполнением швов кислотостойким материалом или асфальт).

При установке стеллажей на асфальтовом покрытии должны быть применены опорные площадки из прочного кислотостойкого материала. Установка стеллажей непосредственно на асфальтовое покрытие не допускается.

Внутри помещений аккумуляторной батареи и кислотной, а также у дверей этих помещений должен быть устроен плинтус из кислотостойкого материала.

4.4.36. Стены, потолки, двери и оконные рамы, вентиляционные короба (с наружной и внутренней сторон), металлические конструкции и другие части помещений аккумуляторных батарей должны окрашиваться кислотостойкой краской.

4.4.37. При размещении аккумуляторов в вытяжных шкафах внутренняя поверхность шкафов должна быть окрашена кислотостойкой краской.

4.4.38. В помещениях аккумуляторных батарей с номинальным напряжением более 250 В в проходах для обслуживания должны устанавливаться деревянные решетки, изолирующие персонал от пола.

4.4.39. При применении инвентарных вентиляционных устройств должны быть предусмотрены места для их установки и выводы к ним коробов приточно-вытяжной вентиляции помещения аккумуляторной батареи.

### **Санитарно техническая часть**

4.4.40. Помещения аккумуляторных батарей, в которых производится заряд аккумуляторов при напряжении более 2,3 В на элемент, должны быть оборудованы стационарной принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.



Для помещений аккумуляторных батарей, работающих в режиме постоянного подзаряда и заряда при напряжении до 2,3 В на элемент, должно быть предусмотрено применение стационарных или инвентарных устройств принудительной приточно-вытяжной вентиляции на период формирования батарей и контрольных перезарядов.

Требуемый объем свежего воздуха  $V$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле

$$V = 0,07 I_{\text{зар}} n$$

где  $I_{\text{зар}}$  - наибольший зарядный ток, А;  $n$  - количество элементов аккумуляторной батареи; при этом концентрация серной кислоты в воздухе помещения аккумуляторной батареи должна быть не более указанной в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий».

Кроме того, для вентиляции помещений аккумуляторных батарей должна быть выполнена естественная вытяжная вентиляция, которая обеспечивает не менее чем однократный обмен воздуха в час. В тех случаях, когда естественная вентиляция не может обеспечить требуемую кратность обмена воздуха, должна применяться принудительная вытяжная вентиляция.

4.4.41. Вентиляционная система помещений аккумуляторной батареи должна обслуживать только аккумуляторные батареи и кислотную. Выброс газов должен производиться через шахту, возвышающуюся над крышей здания не менее чем на 1,5 м. Шахта должна быть защищена от попадания в нее атмосферных осадков. Включение вентиляции в дымоходы или в общую систему вентиляции здания запрещается.

4.4.42. При устройстве принудительной вытяжной вентиляции вентилятор должен иметь взрывобезопасное исполнение.

4.4.43. Отсос газов должен производиться как из верхней, так и из нижней части помещения со стороны, противоположной притоку свежего воздуха.

Если потолок имеет выступающие конструкции или наклон, то должна быть предусмотрена вытяжка воздуха соответственно из каждого отсека или из верхней части пространства под потолком.

Расстояние от верхней кромки верхних вентиляционных отверстий до потолка должно быть не более 100 мм, а от нижней кромки нижних вентиляционных отверстий до пола — не более 300 мм.

Поток воздуха из вентиляционных каналов не должен быть направлен непосредственно на поверхность электролита аккумуляторов.

Металлические вентиляционные короба не должны располагаться над открытыми аккумуляторами.

Применение инвентарных вентиляционных коробов в помещениях аккумуляторных батарей не допускается.

Скорость воздуха в помещениях аккумуляторных батарей и кислотных при работе вентиляционных устройств должна соответствовать требованиям «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий».

4.4.44. Температура в помещениях аккумуляторных батарей в холодное время на уровне расположения аккумуляторов должна быть не ниже + 10 °С.

На ПС без постоянного дежурства персонала, если аккумуляторная батарея выбрана из расчета работы только на включение и отключение выключателей, допускается принимать указанную температуру не ниже 0 °С.

4.4.45. Отопление помещения аккумуляторной батареи рекомендуется осуществлять при помощи калориферного устройства, располагаемого вне этого помещения и подающего теплый воздух через вентиляционный канал. При применении электроподогрева должны быть приняты меры против заноса искр через канал.

При устройстве парового или водяного отопления оно должно выполняться в пределах помещения аккумуляторной батареи гладкими трубами, соединенными сваркой. Фланцевые соединения и установка вентилей запрещаются.

4.4.46. На электростанциях, а также на ПС, оборудованных водопроводом, вблизи помещения аккумуляторной батареи должны быть установлены водопроводный кран и раковина. Над раковиной должна быть надпись: «Кислоту и электролит не сливать».

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 18.07.2006 г. № 20-15-143/14)**

**Утверждены  
приказом «Узгосэнергонадзор»  
от 23 июня 2006 г.  
№ 103**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел V**

## Раздел V Электросиловые установки

### Глава 5.1. Электромашинные помещения

#### Область применения, определения

5.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на устройство электромашинных помещений и установку в них электрооборудования. Если мощность наибольшей установленной в них машины или преобразователя менее 500 кВт, выполнение требований пунктов 5.1.8–5.1.10, 5.1.12, 5.1.13, 5.1.20, 5.1.33 и 5.1.34 настоящей Правил является необязательным.

5.1.2. Электромашинными помещениями (далее - ЭМП) называются помещения, в которых совместно могут быть установлены электрические генераторы, вращающиеся или статические преобразователи, электродвигатели, трансформаторы, распределительные устройства, щиты и пульты управления, а также относящиеся к ним вспомогательное оборудование и обслуживание которых производится персоналом, отвечающим требованиям Главы 1.1 Правил устройства электроустановок (далее - ПУЭ). Раздел I

5.1.3. Установка электрооборудования, рассматриваемого в данной Главе, должна соответствовать требованиям соответствующих других глав Правил в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

Установка электрооборудования выше 1 кВ в части, не оговоренной в настоящей Главе, должна соответствовать требованиям Главы 4.2 ПУЭ. Раздел IV, предъявляемым к внутрицеховым подстанциям.

#### Общие требования

5.1.4. Электромашинные помещения следует относить к помещениям с производством категории Г в соответствии с Градостроительными нормами и правилами (далее - ШНК) «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

5.1.5. Электромашинные помещения должны быть оборудованы телефонной связью и пожарной сигнализацией, а также другими видами сигнализации, которые требуются по условиям работы.

5.1.6. В ЭМП допускается размещать редукторы и шестеренные клетки механизмов, связанных с электродвигателями, которые установлены в данном ЭМП.

5.1.7. Вращающиеся части установленного в ЭМП оборудования, расположенные на доступной высоте, должны быть ограждены от случайных прикосновений в соответствии с действующими требованиями безопасности.

5.1.8. В ЭМП должны быть предусмотрены сети питания сварочных трансформаторов, переносных светильников и электроинструмента, а также машин для уборки помещений. Для питания переносных светильников должно применяться напряжение не выше 42 В.

5.1.9 ЭМП должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, чистым, сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха с фильтрами и осушителями. ЭМП должны быть также оборудованы промышленным передвижным пылесосом для сбора пыли.

5.1.10. Для транспортировки и монтажа, разборки и сборки электрических машин, преобразователей и других работ должны быть, как правило, предусмотрены инвентарные (стационарные или передвижные) подъемные и транспортные устройства.

### **Размещение и установка электрооборудования**

5.1.11. Компоновка ЭМП на всех отметках должна допускать удобную транспортировку и монтаж оборудования. В подвале ЭМП при его длине более 100 м должны быть предусмотрены проезды для электрокар или транспортных тележек.

Расстояние в свету между транспортируемыми элементами оборудования и элементами здания или оборудования должно быть не менее 0,3 м по вертикали и 0,5 м по горизонтали.

5.1.12. Ширина проходов между фундаментами или корпусами машин, между машинами и частями здания или оборудования должна быть не менее 1 м в свету; допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м на длине не более 0,5 м.

5.1.13. Расстояние в свету между корпусом машины и стеной здания или между корпусами, а также между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны машин должно быть не менее 0,3 м при высоте машин до 1 м от уровня пола и не менее 0,6 м при высоте машин более 1 м.

Ширина прохода обслуживания между машинами и фасадом (лицевой стороной обслуживания) пульта управления или щита управления должна быть не менее 2 м. При установке щитов в шкафу это расстояние выбирается от машины до закрытой двери или стенки шкафа.

Указанные требования не относятся к постам местного управления приводами.

Ширина прохода между корпусом машины и торцом пульта управления или щита управления должна быть не менее 1 м.

5.1.14. Ширина прохода обслуживания в свету между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1 кВ и частями здания или оборудования должна быть не менее 1 м, а при открытой дверце шкафа – не менее 0,6 м; при двухрядном расположении шкафов ширина прохода в свету между ними должна быть не менее 1,2 м, а между открытыми противоположными дверцами – не менее 0,6 м.

Допускается установка машин мощностью до 10 кВт и малогабаритного оборудования в проходах обслуживания за распределительными щитами, стеллажами, пультами и другими подобными элементами распределительного устройства (далее - РУ) до 1 кВ за счет местного сужения проходов в свету до значения не менее 0,6 м, при этом расстояние от корпуса машины или аппарата до токоведущих частей щита должно быть не менее указанного в подпункте. 2. пункта 4.1.21 ПУЭ. Раздел IV

Размеры проходов обслуживания для РУ, щитов и другого оборудования должны удовлетворять требованиям, приведенным в пунктах 4.1.21-4.1.23 и 4.2.86 ПУЭ. Раздел IV.

В подвальном этаже ЭМП следует предусматривать выполнение кабельного этажа или кабельного туннеля при открытой прокладке более 350 силовых и контрольных кабелей или более 150 силовых кабелей в наиболее загруженном кабелями сечении подвала.

Ширина проходов в кабельных сооружениях должна приниматься в соответствии с 2.3.123 и 2.3.125 ПУЭ. Раздел II. Ряды кабельных конструкций с кабелями в этих сооружениях не должны образовывать тупиков длиной более 7 м. Во избежание образования тупиков допускается устройство прохода под кабелями высотой в свету не менее 1,5 м от пола. Над таким проходом допускается уменьшенное расстояние между полками, обеспечивающее возможность демонтажа кабелей, но не менее 100 мм.

5.1.15. В ЭМП должно преимущественно применяться не маслонаполненное оборудование с сухой изоляцией напряжением до и выше 1 кВ. Непосредственно с ЭМП допускается открыто устанавливать:

1. Маслонаполненные пусковые и пускорегулирующие устройства для электрических машин до и выше 1 кВ (автотрансформаторы, реакторы, реостаты и т.п.) при массе масла до 600 кг.

2. Трансформаторы мощностью до 1,6 МВ·А, автотрансформаторы, измерительные трансформаторы и другие аппараты с массой масла до 2 т, которые имеют повышенную прочность баков и уплотнения, исключающие течь масла, а также (для трансформаторов и автотрансформаторов) газовую защиту или реле давления, работающие на сигнал.

Допускается совместная установка группы, состоящей не более чем из двух указанных трансформаторов (аппаратов), при расстоянии между отдельными группами не менее 10 м в свету.

3. Трансформаторы сухие или наполненные негорючими жидкостями без ограничения мощности и количества.

4. Металлические комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (далее КРУ), подстанции до 1 кВ и выше, батареи конденсаторов или отдельные конденсаторы.

5. Аккумуляторные батареи закрытого типа при условии устройства вытяжного приспособления или зарядки в специальных помещениях или шкафах.

6. Полупроводниковые преобразователи.

7. Щиты управления, защиты, измерения, сигнализации, а также щиты блоков и станций управления с установленными на них аппаратами, имеющими на лицевой или задней стороне открытые токоведущие части.

8. Неизолированные токопроводы до 1 кВ и выше.

9. Оборудование охлаждения электрических машин.

5.1.16. При расположении в ЭМП маслonaполненного электрооборудования в закрытых камерах с выкаткой внутрь ЭМП масса масла в оборудовании, установленном в одной камере или в группе смежных камер, должна быть не более 6,5 т, а расстояние в свету между двумя камерами или группами камер - не менее 50 м.

Если это расстояние не может быть выдержано или если масса масла в одной камере или в группе смежных камер более 6,5 т, то маслonaполненное электрооборудование должно размещаться в камерах с выкаткой наружу или в коридор, специально предназначенный для этой цели, либо в производственное помещение с производством категорий Г и Д по ШНК «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

5.1.17. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, не связанных с механическим оборудованием (преобразовательные, возбудительные, зарядные агрегаты и т. д.), должна быть выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, связанных с механическим оборудованием, определяется требованиями, предъявляемыми к его установке.

5.1.18. Сквозной проход через ЭМП трубопроводов, содержащих взрывоопасные газы, горючие или легковоспламеняющиеся жидкости, не допускается. В ЭМП разрешается прокладывать только трубопроводы, непосредственно относящиеся к установленному в них оборудованию. Холодные трубопроводы должны иметь защиту от отпотевания. Горячие трубопроводы должны иметь тепловую несгораемую изоляцию в тех местах, где это необходимо для защиты

персонала или оборудования. Трубопроводы должны иметь отличительную окраску.

5.1.19. В случаях, когда верхняя отметка фундаментной плиты машины находится выше или ниже отметки пола ЭМП более чем на 400 мм, вокруг машины должна быть предусмотрена несгораемая площадка шириной не менее 600 мм с поручнями и лестницами. Площадки обслуживания, расположенные на высоте до 2 м над уровнем пола, должны ограждаться перилами, а на высоте более 2 м – перилами и бортовыми барьерами. Для входа на площадки должны предусматриваться ступеньки.

5.1.20. При наличии на предприятии железнодорожной сети, связанной с железной дорогой общего пользования, и при доставке тяжеловесного оборудования по железной дороге рекомендуется предусматривать железнодорожную ветку нормальной колеи с тупиковым заходом в ЭМП. Длина тупикового захода должна обеспечивать возможность снятия оборудования с открытой платформы при помощи грузоподъемных устройств ЭМП.

Если доставка оборудования производится автотранспортом, рекомендуется предусматривать возможность заезда автотранспорта в ЭМП, в зону действия грузоподъемных устройств.

5.1.21. Электрические машины должны быть установлены таким образом, чтобы их работа не вызвала шума и вибрации самой машины, фундамента или частей здания выше допустимых пределов.

5.1.22. Для производства монтажных и ремонтных работ в ЭМП должны быть предусмотрены специальные площадки (монтажные площадки) или использованы свободные площадки между оборудованием, рассчитанные на наиболее тяжелую, практически возможную нагрузку от оборудования и расположенные в зоне действия грузоподъемных устройств ЭМП. Внешние контуры пола монтажной площадки должны быть обозначены краской или метлахской плиткой, отличающимися по цвету от других частей пола.

Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование, должны быть рассчитаны на нагрузку транспортируемого оборудования. Контуры этих участков следует обозначить краской или плиткой.

Размеры монтажных площадок определяются по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей крупных электрических машин на монтажных площадках должны быть рассчитаны на нагрузку от веса этих якорей и стоек и иметь отличительную окраску. На монтажных площадках должны быть нанесены надписи с указанием значения наибольшей допустимой нагрузки.

5.1.23. Электрические светильники в ЭМП не следует располагать над открытыми шинами РУ и открытыми токопроводами. Электрические светильни-



ки, обслуживаемые с пола, не следует располагать над вращающимися машинами.

## **Смазка подшипников электрических машин**

5.1.24. Системы циркуляционной смазки электрических машин и технологических механизмов рекомендуется объединять при условии, если применяемый сорт масла пригоден для тех и других и если технологические механизмы не являются источником засорения масла металлической пылью, водой или другими вредными примесями.

5.1.25. Оборудование централизованных систем смазки, в том числе предназначенной только для электрических машин, следует устанавливать вне ЭМП.

5.1.26. Система смазки электрических машин мощностью более 1 МВт должна быть снабжена указателями уровня масла и приборами контроля температуры масла и подшипников, а при наличии циркуляционной смазки, кроме того, приборами контроля протекания масла.

5.1.27. Трубопроводы масла и воды могут прокладываться к подшипникам открыто или в каналах со съёмными покрытиями из негорючих материалов. В необходимых случаях допускается также скрытая прокладка трубопроводов в земле или бетоне.

Соединение труб с арматурой допускается фланцами.

Диафрагмы и вентили должны устанавливаться непосредственно у мест подвода смазки к подшипникам электрических машин.

Трубы, подводящие масло к подшипникам, электрически изолированным от фундаментной плиты, должны быть электрически изолированы от подшипников и других деталей машины. Каждая труба должна иметь не менее двух изоляционных промежутков или изолирующую вставку длиной не менее 0,1 м.

5.1.28. В необходимых случаях ЭМП должны быть оборудованы резервуарами и системой трубопроводов для спуска грязного масла из маслонаполненного электрооборудования. Спуск масла в канализацию запрещается.

## **Вентиляция и отопление**

5.1.29. Для ЭМП должны быть предусмотрены меры по удалению избыточной теплоты, выделяемой электрическими машинами, резисторами и аппаратурой.

Температура воздуха в ЭМП, в которых работают люди, должна соответствовать санитарным нормам.

Температура воздуха для охлаждения работающих электрических машин не должна превышать плюс 40°C. Воздух для охлаждения электрических машин

должен быть очищен от пыли. Воздух, поступающий в остановленные электрические машины, должен иметь температуру не менее плюс 5°C.

Для машин с разомкнутым циклом вентиляции должны быть предусмотрены на подводящих и отводящих воздухопроводах жалюзи, закрываемые для предотвращения всасывания окружающего воздуха в остановленную машину.

Электромашинные помещения должны быть оборудованы приборами контроля температуры.

5.1.30. Помещения открытой аккумуляторной батареи и конденсаторной установки, расположенные внутри ЭМП, должны иметь отдельные системы вентиляции согласно требованиям, приведенным соответственно в Главах 4.4 ПУЭ. Раздел IV и 5.6. настоящих Правил.

5.1.31. В местностях с загрязненным воздухом здания ЭМП следует выполнять таким образом, чтобы обеспечивалась возможность попадания в них только очищенного воздуха. Для этого двери, ворота и другие проемы должны иметь уплотнения. Эти здания рекомендуется выполнять без окон и фонарей или с пыленепроницаемыми световыми проемами, например с заполнением стеклблоками. Система общей вентиляции здания ЭМП должна предотвращать возможность подсоса неочищенного воздуха.

5.1.32. В вентиляционных камерах и каналах санитарно-технической вентиляции прокладка кабелей и проводов не разрешается. Допускается только пересечение камер и каналов проводами и кабелями, проложенными в стальных трубах.

В камерах и каналах вентиляции электрических машин допускается прокладка проводов и кабелей с оболочками из негорючих и трудногорючих материалов, а также неизолированных шин. Устанавливать в вентиляционных каналах и камерах машин кабельные муфты и другое электрооборудование не допускается.

5.1.33. В ЭМП рекомендуется предусматривать раздельные системы вентиляции для первого этажа, подвала и других изолированных помещений. Допускается устройство общей системы вентиляции при наличии управляемых заслонок, позволяющих отсечь подачу воздуха в отдельные помещения в случае пожара.

В ЭМП не следует размещать установки для вентиляции смежных пожароопасных помещений (например, маслоподвалов).

### **Строительная часть**

5.1.34. В ЭМП с постоянным дежурством персонала должны быть предусмотрены комфортные помещения для дежурного персонала, оборудованные необходимыми средствами сигнализации, измерения и связи с подачей конди-

ционированного воздуха, и санузел для обслуживающего персонала, а также отопление в соответствии с действующими санитарными требованиями.

5.1.35. Стены ЭМП до высоты не менее 2 м должны окрашиваться светлой масляной краской, а остальная поверхность – светлой клеевой краской в соответствии с указаниями по рациональной цветовой отделке производственных помещений. Вентиляционные каналы, в том числе каналы в фундаментах машин, по всей внутренней поверхности должны окрашиваться светлой, не поддерживающей горения краской или должны быть облицованы глазурованными плитками или пластикатовым покрытием, не поддерживающим горения.

Электрооборудование в ЭМП должно быть окрашено в соответствии с указаниями по рациональной цветовой отделке оборудования.

Полы ЭМП должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цементное с мраморной крошкой, из метлахской плитки).

5.1.36. В качестве опор для перекрытия подвала ЭМП допускается использовать фундаменты машин при соблюдении требований Строительных норм и правил (далее – КМК), утвержденных Государственным комитетом Республики Узбекистан по архитектуре и строительству (далее - Госкомархитектстрой) на проектирование фундаментов машин с динамическими нагрузками.

В перекрытиях ЭМП следует предусматривать монтажные люки или проемы для транспортировки тяжелого и громоздкого оборудования с одного этажа на другой. Люки должны располагаться в зоне действия грузоподъемного устройства. Перекрытие люка должно иметь ту же степень огнестойкости, что и перекрытие, в котором расположен люк.

5.1.37. Подвал ЭМП должен иметь дренажное устройство, а при высоком уровне грунтовых вод, кроме того, и гидроизоляцию.

5.1.38. Кабельные туннели, входящие в ЭМП, в месте примыкания к ЭМП должны быть отделены от них перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или дверями с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. Двери должны открываться в обе стороны и иметь самозапирающийся замок, открываемый без ключа со стороны туннеля.

## **Глава 5.2. Генераторы и синхронные компенсаторы**

### **Область применения**

5.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарную установку в специальных помещениях (машинных залах) или на открытом воздухе генераторов тепловых и гидравлических электростанций, а также синхронных компенсаторов. Указанные установки должны отвечать также требованиям, приведенным в Главе. 5.1. настоящих Правил, за исключением пунктов 5.1.2;

5.1.15, подпункта. 8; 5.1.17; 5.1.31–5.1.33 настоящих Правил. Установка вспомогательного оборудования генераторов и синхронных компенсаторов (электродвигателей, РУ и пускорегулирующей аппаратуры, щитов и др.) должна соответствовать требованиям соответствующих глав Правил.

### **Общие требования**

5.2.2. Генераторы, синхронные компенсаторы и их вспомогательное оборудование, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь специальное исполнение.

5.2.3. Конструкция генераторов и синхронных компенсаторов должна обеспечивать их нормальную эксплуатацию не менее 25 лет с возможностью замены изнашивающихся и повреждаемых деталей и узлов при помощи основных грузоподъемных механизмов и средств малой механизации без полной разборки машины.

Конструкциями гидрогенератора и системы его водоснабжения должна быть предусмотрена возможность полного удаления воды и отсутствия застойных зон при ремонте в любое время года.

5.2.4. Генераторы и синхронные компенсаторы должны быть оборудованы контрольно-измерительными приборами в соответствии с Главой 1.6 ПУЭ. Раздел I, устройствами управления, сигнализации, защиты в соответствии с пунктами 3.2.34–3.2.50, 3.2.72–3.2.90 ПУЭ. Раздел III, устройствами автоматического гашения поля (далее - АГП) защиты ротора от перенапряжений, АРВ в соответствии с пунктами 3.3.52–3.3.60 ПУЭ. Раздел III, а также устройствами автоматики для обеспечения автоматического пуска, работы и останова агрегата. Кроме того, турбогенераторы мощностью 100 МВт и более и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы устройствами дистанционного контроля вибрации подшипников. Турбо- и гидрогенераторы мощностью 200 МВт и более должны быть оборудованы также осциллографами с записью предаварийного процесса.

5.2.5. Панели управления, релейной защиты, автоматики, возбуждения и непосредственного водяного охлаждения гидрогенератора должны, как правило, размещаться в непосредственной близости от него.

5.2.6. Электрические и механические параметры мощных турбо- и гидрогенераторов должны, как правило, приниматься оптимальными с точки зрения нагрузочной способности. При необходимости обеспечения устойчивости работы параметры генераторов могут приниматься отличными от оптимальных с точки зрения нагрузочной способности при обосновании технико-экономическими расчетами.

5.2.7. Напряжение генераторов должно приниматься на основе технико-экономических расчетов по согласованию с заводом-изготовителем и в соответствии с требованиями государственных стандартов.

5.2.8. Установка дополнительного оборудования для использования гидрогенераторов в качестве синхронных компенсаторов должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

5.2.9. Для монтажа, разборки и сборки генераторов, синхронных компенсаторов и их вспомогательного оборудования должны быть предусмотрены стационарные, передвижные или инвентарные подъемно-транспортные приспособления и механизмы.

5.2.10. При применении наружных грузоподъемных кранов гидроэлектростанций должны быть предусмотрены простые мероприятия для исключения воздействия дождя и снега на оборудование при продолжительном раскрытии помещений и монтажных площадок.

5.2.11. Электростанции должны иметь помещения для хранения резервных стержней обмотки статора. Помещения должны быть сухими, отопляемыми, с температурой не ниже плюс 5°C, оборудованными специальными стеллажами.

### **Охлаждение и смазка**

5.2.12. При питании агрессивно воздействующей водой газоохладители, теплообменники и маслоохладители, трубопроводы и арматура к ним должны выполняться из материалов, стойких к воздействию коррозии.

5.2.13. Генераторы и синхронные компенсаторы с разомкнутой системой охлаждения и гидрогенераторы мощностью 1 МВт и более с частичным отбором воздуха для отопления должны быть снабжены фильтрами для очистки входящего в них извне воздуха, а также устройствами для быстрого прекращения его подачи в случае возгорания генератора или синхронного компенсатора.

5.2.14. Для генераторов и синхронных компенсаторов с замкнутой системой воздушного охлаждения должны быть выполнены следующие мероприятия:

1. Камеры холодного и горячего воздуха должны иметь плотно закрывающиеся остекленные смотровые лючки.

2. Двери камер холодного и горячего воздуха должны быть стальными, плотно закрывающимися, открывающимися наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны камер.

3. Внутри камер холодного и горячего воздуха должно быть оборудовано освещение с выключателями, вынесенными наружу.

4. Короба горячего воздуха, а также конденсаторы и водопроводы паровых гурбин, если они находятся в камере охлаждения, должны быть покрыты теп-

ловой изоляцией во избежание подогрева холодного воздуха и конденсации влаги на поверхности труб.

5. В камерах холодного воздуха должны быть устроены кюветы для удаления сконденсировавшейся на воздухоохладителях воды. Для турбогенераторов конец трубы, выводящей воду в дренажный канал, должен снабжаться гидравлическим затвором, при этом рекомендуется установка устройства сигнализации, реагирующего на появление воды в сливной трубе.

6. Корпус, стыки, воздуховод и другие участки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в замкнутую систему вентиляции. В дверях камер холодного воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов должен быть выполнен организованный присос воздуха через фильтр, который устанавливается в области разрежения (после воздухоохладителя).

7. Стены камер и воздушных коробов должны быть плотными, они должны быть окрашены светлой, не поддерживающей горения краской или облицованы глазурованными плитками либо пластиковым покрытием, не поддерживающим горения. Полы камер и фундаменты должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цементное с мраморной крошкой, из керамической плитки).

5.2.15. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы с водородным охлаждением должны быть оборудованы:

1. Установкой централизованного снабжения водородом с механизацией погрузки и разгрузки газовых баллонов, газопроводами подпитки газом и приборами контроля за параметрами газа (давление, чистота и др.) в генераторе и синхронном компенсаторе.

Для подачи водорода от газовых резервуаров в машинный зал предусматривается одна магистраль (при необходимости могут быть проложены две). Схема газопроводов выполняется кольцевой секционированной. Для синхронных компенсаторов выполняется одна магистраль.

Для предупреждения образования взрывоопасной газовой смеси на питающих водородных линиях и на линиях подачи воздуха должна быть обеспечена возможность создания видимых разрывов перед турбогенератором и синхронным компенсатором.

2. Установкой централизованного снабжения инертным газом (углекислым газом или азотом) с механизацией погрузки и разгрузки газовых баллонов для вытеснения водорода или воздуха из генератора (синхронного компенсатора), для продувки и тушения пожара в главном масляном баке турбины, в опорных подшипниках генератора и в токопроводах.

3. Основным, резервным, а турбогенераторы, кроме того, и аварийным источниками маслоснабжения водородных уплотнений, демпферным баком для

питания торцовых уплотнений маслом в течение времени, необходимого для аварийного останова генератора со срывом вакуума турбины, для турбогенераторов мощностью 60 МВт и более. Резервный и аварийный источники маслоснабжения должны автоматически включаться в работу при отключении рабочего источника маслоснабжения, а также при снижении давления масла.

4. Автоматическими регуляторами давления масла на водородных уплотнениях турбогенераторов. В схеме маслоснабжения обходные вентили регуляторов должны быть регулировочными, а не запорными для исключения бросков давления масла при переходах с ручного регулирования на автоматическое и обратно.

5. Устройствами для осушки водорода, включенными в контур циркуляции водорода в генераторе или синхронном компенсаторе.

6. Предупредительной сигнализацией, действующей при неисправностях газомасляной системы водородного охлаждения и отклонении ее параметров (давления, чистоты водорода, перепада давления масло – водород) от заданных значений.

7. Контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления газомасляной системой водородного охлаждения, при этом не допускается размещение газовых и электрических приборов на одной закрытой панели.

8. Вентиляционными установками в местах скопления газа главного масляного бака, масляных камер на сливе, основных подшипников турбогенератора и т.д.

В фундаментах турбогенераторов и синхронных компенсаторов не должно быть замкнутых пространств, в которых возможно скопление водорода. При наличии объемов, ограниченных строительными конструкциями (балки, ригели и др.), в которых возможно скопление водорода, из наиболее высоких точек этих объемов должен быть обеспечен свободный выход водорода вверх (например, путем закладки труб).

9. Дренажными устройствами для слива воды и масла из корпуса.

Система дренажа должна исключать возможность перетока горячего газа в отсеки холодного газа.

10. Указателем появления жидкости в корпусе турбогенератора (синхронного компенсатора).

11. Источником сжатого воздуха с избыточным давлением не менее 0,2 МПа с фильтром и осушителем воздуха.

5.2.16. Генераторы и синхронные компенсаторы с водяным охлаждением обмоток должны быть оборудованы:

1. Трубопроводами подачи и слива дистиллята, выполненными из материалов, стойких к воздействию коррозии.

2. Основным и резервным насосами дистиллята.

3. Механическими, магнитными и ионитовыми фильтрами дистиллята и устройствами для очистки дистиллята от газовых примесей. Дистиллят не должен иметь примесей солей и газов.

4. Расширительным баком с защитой дистиллята от внешней среды.

5. Основным и резервным теплообменниками для охлаждения дистиллята.

В качестве первичной охлаждающей воды в теплообменниках должны применяться: для гидрогенераторов и синхронных компенсаторов – техническая вода, для турбогенераторов – конденсат от конденсатных насосов турбины и как резерв техническая вода от циркуляционных насосов газоохладителей генераторов.

6. Предупредительной сигнализацией и защитой, действующей при отклонениях от нормального режима работы системы водяного охлаждения.

7. Контрольно-измерительными приборами и реле автоматики для контроля и управления системой водяного охлаждения.

8. Устройствами обнаружения утечки водорода в тракт водяного охлаждения обмоток статора.

9. Контрольными трубками с кранами, выведенными наружу из высших точек сливного и напорного коллекторов дистиллята, для удаления воздуха из системы водяного охлаждения обмотки статора во время заполнения ее дистиллятом.

5.2.17. В каждой системе трубопроводов, подводящих воду к газоохладителям, теплообменникам и маслоохладителям, следует установить фильтры, при этом должна быть предусмотрена возможность их очистки и промывки без нарушения нормальной работы генератора и синхронного компенсатора.

5.2.18. Каждая секция газоохладителей и теплообменников должна иметь задвижки для отключения ее от напорного и сливного коллекторов и для распределения воды по отдельным секциям.

На общем трубопроводе, отводящем воду из всех секций охладителей каждого генератора, должна быть установлена задвижка для регулирования расхода воды через все секции охладителя. Для турбогенераторов штурвальный привод этой задвижки рекомендуется вывести на уровень пола машинного зала.

5.2.19. Каждая секция газоохладителей и теплообменников в самой высокой точке должна иметь краны для выпуска воздуха.

5.2.20. В системе охлаждения газа или воздуха турбогенераторов и синхронных компенсаторов должно быть предусмотрено регулирование температуры охлаждающей воды при помощи рециркуляционных устройств.

5.2.21. В схеме подачи охлаждающей воды должно быть предусмотрено автоматическое включение резервного насоса при отключении работающего, а также при снижении давления охлаждающей воды. У синхронных компенсато-



ров должно быть предусмотрено резервное питание от постоянно действующего надежного источника охлаждающей воды (система технической воды, баки и т. п.).

5.2.22. На питающих трубопроводах технического водоснабжения генераторов должны устанавливаться расходомеры.

5.2.23. На площадке турбины, соединенной с турбогенератором, который имеет водяное или водородное охлаждение, должны быть установлены: манометры, показывающие давление охлаждающей воды в напорном коллекторе, давление водорода в корпусе турбогенератора, давление углекислого газа (азота) в газопроводе к генератору; устройства сигнализации снижения давления воды в напорном коллекторе; пост газового управления; щиты управления газомасляным и водяным хозяйствами.

5.2.24. На месте установки насосов газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей должны быть установлены манометры на напорном коллекторе и на насосах.

5.2.25. На напорных и сливных трубопроводах газоохладителей, теплообменников и маслоохладителей должны быть встроены гильзы для ртутных термометров.

5.2.26. Для синхронных компенсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должна предусматриваться возможность слива воды из охлаждающей системы при останове агрегата.

5.2.27. Газовая система должна удовлетворять требованиям нормальной эксплуатации водородного охлаждения и проведения операций по замене охлаждающей среды в турбогенераторе и синхронном компенсаторе.

5.2.28. Газовая сеть должна выполняться из цельнотянутых труб с применением газоплотной арматуры. Газопроводы должны быть доступны для осмотра и ремонта и иметь защиту от механических повреждений.

5.2.29. Трубопроводы циркуляционных систем смазки и водородных уплотнений турбогенераторов и синхронных компенсаторов с водородным охлаждением должны выполняться из цельнотянутых труб.

5.2.30. У турбогенераторов мощностью 3 МВт и более подшипники со стороны, противоположной турбине, подшипники возбuditеля и водородные уплотнения должны быть электрически изолированы от корпуса и маслопроводов.

Конструкция изолированного подшипника и водородных уплотнений должна обеспечивать проведение периодического контроля их изоляции во время работы агрегата. У синхронного компенсатора подшипники должны быть электрически изолированы от корпуса компенсатора и маслопроводов. У синхронного компенсатора с непосредственно присоединенным возбuditелем допускается изолировать только один подшипник (со стороны, противоположной возбuditелю).

У гидрогенераторов подпятники и подшипники, расположенные над ротором, должны быть электрически изолированы от корпуса.

5.2.31. На каждом маслопроводе электрически изолированных подшипников турбогенераторов, синхронных компенсаторов и горизонтальных гидрогенераторов следует устанавливать последовательно два электрически изолированных фланцевых соединения.

5.2.32. Подшипники турбогенераторов, синхронных компенсаторов и их возбuditелей, а также водородные уплотнения, масляные ванны подшипников и подпятников гидрогенераторов должны быть выполнены таким образом, чтобы исключалась возможность разбрызгивания масла и попадания масла и его паров на обмотки, контактные кольца и коллекторы.

Сливные патрубки подшипников с циркуляционной смазкой и водородных уплотнений должны иметь смотровые стекла для наблюдения за струей выходящего масла. Для освещения смотровых стекол должны применяться светильники, присоединенные к сети аварийного освещения.

5.2.33. Для турбогенераторов с непосредственным водородным охлаждением обмоток должны быть установлены автоматические газоанализаторы контроля наличия водорода в картерах подшипников и закрытых токопроводах.

5.2.34. Смешанные системы охлаждения генераторов и синхронных компенсаторов должны соответствовать требованиям пунктов 5.2.13–5.2.15 настоящих Правил.

### **Системы возбуждения**

5.2.35. Требования, приведенные в пунктах 5.2.36–5.2.52 настоящих Правил, распространяются на стационарные установки систем возбуждения турбо- и гидрогенераторов и синхронных компенсаторов.

5.2.36. Системой возбуждения называется совокупность оборудования, аппаратов и устройств, объединенных соответствующими цепями, которая обеспечивает необходимое возбуждение генераторов и синхронных компенсаторов в нормальных и аварийных режимах, предусмотренных государственными стандартами и техническими условиями.

В систему возбуждения генератора (синхронного компенсатора) входят: возбудитель (генератор постоянного тока, генератор переменного тока или трансформатор с преобразователем и системой управления тиристорами), автоматический регулятор возбуждения, коммутационная аппаратура, измерительные приборы, средства защиты ротора от перенапряжений и защиты оборудования системы возбуждения от повреждений.

5.2.37. Электрооборудование и аппаратура систем возбуждения должны соответствовать требованиям государственных стандартов на синхронные генера-

торы и компенсаторы и техническим условиям на это оборудование и аппаратуру.

5.2.38. Системы возбуждения, у которых действующее значение эксплуатационного напряжения или длительного перенапряжения (например, при форсировке возбуждения) превышает 1 кВ, должны выполняться в соответствии с требованиями настоящих Правил, предъявляемыми к электроустановкам выше 1 кВ. При определении перенапряжений для вентильных систем возбуждения учитываются и коммутационные перенапряжения.

5.2.39. Системы возбуждения должны быть оборудованы устройствами управления, защиты, сигнализации и контрольно-измерительными приборами в объеме, обеспечивающем автоматический пуск, работу во всех предусмотренных режимах, а также останов генератора и синхронного компенсатора на электростанциях и подстанциях без постоянного дежурства персонала.

5.2.40. Пульты и панели управления, приборы контроля и аппаратура сигнализации системы охлаждения, а также силовые преобразователи тиристорных или иных полупроводниковых возбудителей должны размещаться в непосредственной близости один от другого. Допускается установка теплообменников в другом помещении, при этом панель управления теплообменником должна устанавливаться рядом с ним.

Пульт (панель), с которого может производиться управление возбуждением, должен быть оборудован приборами контроля возбуждения.

5.2.41. Помещение выпрямительных установок систем возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должна отвечать требованиям пункта 5.1.29 настоящих Правил, а температура охлаждения среды преобразователей не должна превышать предусмотренный государственными стандартами и техническими условиями.

Выпрямительные установки систем возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должны быть оборудованы сигнализацией и защитой, действующими при повышении температуры охлаждающей среды или вентилей сверх допустимой, а также снабжены приборами для контроля температуры охлаждающей среды и силы тока установки. При наличии в выпрямительной установке нескольких групп выпрямителей должна применяться автоматическая система выравнивания тока по группам и контролироваться сила тока в каждой группе.

5.2.42. Системы возбуждения должны быть оборудованы устройствами контроля изоляции, позволяющими осуществлять измерение изоляции в процессе работы, а также сигнализировать о снижении сопротивления изоляции ниже нормы. Допускается не выполнять такую сигнализацию для бесщеточных систем возбуждения.

5.2.43. Цепи систем возбуждения, связанные с анодами и катодами выпрямительных установок, должны выполняться с уровнем изоляции, соответствующим испытательным напряжениям анодных и катодных цепей.

Связи анодных цепей выпрямителей, катодных цепей отдельных групп, а также других цепей при наличии нескомпенсированных пульсирующих или переменных токов должны выполняться кабелем без металлических оболочек.

Цепи напряжения обмотки возбуждения генератора или синхронного компенсатора для измерения и подключения устройства автоматического регулирования возбуждения (далее - АРВ) должны выполняться отдельным кабелем с повышенным уровнем изоляции без захода через обычные ряды зажимов. Присоединение к обмотке возбуждения должно производиться через рубильник.

5.2.44. При применении устройств АГП с разрывом цепи ротора, а также при использовании статических возбудителей с преобразователями обмотка ротора должна защищаться разрядником многократного действия. Допускается применение разрядника однократного действия. Разрядник должен быть подключен параллельно ротору через активное сопротивление, рассчитанное на длительную работу при пробое разрядника в режиме с напряжением возбуждения, равным 110% номинального.

5.2.45. Разрядники, указанные в пункте 5.2.44 настоящих Правил, должны иметь сигнализацию срабатывания.

5.2.46. Система возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов должна выполняться таким образом, чтобы:

1. Отключение любого из коммутационных аппаратов в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к ложным форсировкам в процессе пуска, остановки и работы генератора на холостом ходу и в сети.

2. Исчезновение напряжения оперативного тока в цепях АРВ и управления возбудителем не приводило к нарушению работы генератора и синхронного компенсатора.

3. Имелась возможность производить ремонтные и другие работы на выпрямителях и их вспомогательных устройствах при работе турбогенератора на резервном возбудителе. Это требование не относится к бесщеточным системам возбуждения.

4. Исключалась возможность повреждения системы возбуждения при коротком замыкании (далее - КЗ) в цепях ротора и на его контактных кольцах. В случае применения статических преобразователей допускается защита их автоматическими выключателями и плавкими предохранителями.

5.2.47. Тиристорные системы возбуждения должны предусматривать возможность гашения поля генераторов и синхронных компенсаторов переводом преобразователя в инверторный режим.

В системах возбуждения со статическими преобразователями, выполненными по схеме самовозбуждения, а также в системах возбуждения с электромашинными возбудителями должно быть применено устройство АГП.

5.2.48. Все системы возбуждения (основные и резервные) должны иметь устройства, обеспечивающие при подаче импульса на гашение поля полное развозбуждение (гашение поля) синхронного генератора или компенсатора независимо от срабатывания АГП.

5.2.49. Система водяного охлаждения возбудителя должна обеспечивать возможность полного спуска воды из системы, выпуска воздуха при заполнении системы водой, периодической чистки теплообменников.

Закрытие и открытие задвижек системы охлаждения на одном из возбудителей не должны приводить к изменению режима охлаждения на другом возбудителе.

5.2.50. Пол помещений выпрямительных установок с водяной системой охлаждения должен быть выполнен таким образом, чтобы при утечках воды исключалась возможность ее попадания на токопроводы, КРУ и другое электрооборудование, расположенное ниже системы охлаждения.

5.2.51. Электромашинные возбудители постоянного тока (основные при работе без АРВ и резервные) должны иметь релейную форсировку возбуждения.

5.2.52. Турбогенераторы должны иметь резервное возбуждение, схема которого должна обеспечивать переключение с рабочего возбуждения на резервное и обратно без отключения генераторов от сети. Для турбогенераторов мощностью 12 МВт и менее необходимость резервного возбуждения устанавливается главным инженером энергосистемы.

5.2.53. На турбогенераторах с непосредственным охлаждением обмотки ротора переключение с рабочего возбуждения на резервное и обратно должно производиться дистанционно.

5.2.54. Система возбуждения гидрогенератора должна обеспечивать возможность его начального возбуждения при отсутствии переменного тока в системе собственных нужд гидроэлектростанции.

5.2.55. По требованию заказчика система возбуждения должна быть рассчитана на автоматическое управление при останове в резерв синхронных генераторов и компенсаторов и пуске находящихся в резерве.

5.2.56. Все системы возбуждения на время выхода из строя АРВ должны иметь средства, обеспечивающие нормальное возбуждение, развозбуждение и гашение поля синхронной машины.

## **Размещение и установка генераторов и синхронных компенсаторов**

5.2.57. Расстояния от генераторов и синхронных компенсаторов до стен зданий, а также расстояния между ними должны определяться по технологическим условиям, однако они должны быть не менее приведенных в пунктах 5.1.11-5.1.13 настоящих Правил.

Размеры машинного зала должны выбираться с учетом:

- 1) возможности монтажа и демонтажа агрегатов без останова работающих агрегатов;
- 2) применения кранов со специальными, преимущественно жесткими захватными приспособлениями, позволяющими полностью использовать ход крана;
- 3) отказа от подъема и опускания краном отдельных длинных, но относительно легких деталей агрегата (штанги, тяги) с их монтажом специальными подъемными приспособлениями;
- 4) возможности размещения узлов и деталей во время монтажа и ремонта агрегата.

5.2.58. Фундамент и конструкция генераторов и синхронных компенсаторов должны быть выполнены так, чтобы при работе оборудования вибрация оборудования, фундамента и здания не превышала значений, установленных нормами.

5.2.59. Вблизи гидрогенераторов допускается установка воздухохранилищ сжатого воздуха.

5.2.60. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы с воздушным охлаждением и гидрогенераторы должны иметь устройства для тушения пожара водой. Допускается также применение других устройств.

На гидрогенераторах автоматизированных гидростанций, а также на синхронных компенсаторах с воздушным охлаждением, установленных на подстанциях без постоянного дежурства персонала, пожаротушение должно производиться автоматически. Ввод в действие запорных устройств впуска воды в машину осуществляется либо непосредственно от дифференциальной защиты, либо при одновременном срабатывании дифференциальной защиты и специальных датчиков пожаротушения.

Подвод воды должен быть выполнен таким образом, чтобы возможность просачивания воды в генератор и синхронный компенсатор в эксплуатационных условиях была полностью исключена.

5.2.61. Система пожаротушения гидрогенераторов должна предусматривать отвод использованной воды в дренажную систему.

5.2.62. Для тушения пожара в турбогенераторах и синхронных компенсаторах с косвенным водородным охлаждением при работе машины на воздухе (период наладки) должна быть предусмотрена возможность использования углекислотной (азотной) установки, выполняемой в соответствии с требованиями подпункта 2 пункта 5.2.15 настоящих Правил.

5.2.63. Баллоны с углекислым газом (азотом), устанавливаемые в центральной углекислотной (азотной) установке, должны храниться в условиях, определяемых правилами в области безопасного ведения работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе. Редукционные узлы установок должны иметь стационарную систему обогрева.

## **Глава 5.3. Электродвигатели и их коммутационные аппараты**

### **Область применения**

5.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на электродвигатели и их коммутационные аппараты в стационарных установках производственных и других помещений различного назначения. На эти установки распространяются также требования, приведенные в пунктах 5.1.11, 5.1.13, 5.1.17, 5.1.19 настоящих Правил, и соответствующие требования других глав в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

### **Общие требования**

5.3.2. Меры по обеспечению надежности питания должны выбираться в соответствии с требованиями Главы 1.2 ПУЭ. Раздел I в зависимости от категории ответственности электроприемников. Эти меры могут применяться не к отдельным электродвигателям, а к питающим их трансформаторам и преобразовательным подстанциям, распределительным устройствам и пунктам.

Резервирование линии, непосредственно питающей электродвигатель, не требуется независимо от категории надежности электроснабжения.

5.3.3. Если необходимо обеспечить непрерывность технологического процесса при выходе из строя электродвигателя, его коммутационной аппаратуры или линии, непосредственно питающей электродвигатель, резервирование следует осуществлять путем установки резервного технологического агрегата или другими способами.

5.3.4. Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть выбраны и установлены таким образом и в необходимых случаях обеспечены такой системой охлаждения, чтобы температура их при работе не превышала допустимой (см. также пункт 5.3.20 настоящих Правил).

5.3.5. Электродвигатели и аппараты должны быть установлены таким образом, чтобы они были доступны для осмотра и замены, а также по возможности для ремонта на месте установки. Если электроустановка содержит электродвигатели или аппараты массой 100 кг и более, то должны быть предусмотрены приспособления для их такелажа.

5.3.6. Вращающиеся части электродвигателей и части, соединяющие электродвигатели с механизмами (муфты, шкивы), должны иметь ограждения от случайных прикосновений.

5.3.7. Электродвигатели и их коммутационные аппараты должны быть заземлены или запулены в соответствии с требованиями 1 главы 1.7. ПУЭ. Раздел I.

5.3.8. Исполнение электродвигателей должно соответствовать условиям окружающей среды.

### Выбор электродвигателей

5.3.9. Электрические и механические параметры электродвигателей (номинальная мощность, напряжение, частота вращения, относительная продолжительность рабочего периода, пусковой, минимальный, максимальный моменты, пределы регулирования частоты вращения и т. п.) должны соответствовать параметрам приводимых ими механизмов во всех режимах их работы в данной установке.

5.3.10. Для механизмов, сохранение которых в работе после кратковременных перерывов питания или понижения напряжения, обусловленных отключением КЗ, действием автоматического повторного включения (далее - АПВ) или автоматического ввода резерва (далее - АВР), необходимо по технологическим условиям и допустимо по условиям техники безопасности, должен быть обеспечен самозапуск их электродвигателей.

Применять для механизмов с самозапуском электродвигатели и трансформаторы большей мощности, чем это требуется для их нормальной длительной работы, как правило, не требуется.

5.3.11. Для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности рекомендуется применять электродвигатели синхронные или асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы либо требующих изменения частоты вращения, следует применять электродвигатели с наиболее простыми и экономичными методами пуска или регулирования частоты вращения, возможными в данной установке.

5.3.12. Синхронные электродвигатели, как правило, должны иметь устройства форсировки возбуждения или компаундирования.



5.3.13. Синхронные электродвигатели в случаях, когда они по своей мощности могут обеспечить регулирование напряжения или режима реактивной мощности в данном узле нагрузки, должны иметь АРВ согласно пункту 3.3.39 ПУЭ. Раздел III.

5.3.14. Электродвигатели постоянного тока допускается применять только в тех исключительных случаях, когда электродвигатели переменного тока не обеспечивают всех требуемых характеристик механизма или неэкономичны.

5.3.15. Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой, как правило, должны иметь исполнение IP00 или IP20.

5.3.16. Электродвигатели, устанавливаемые на открытом воздухе, должны иметь исполнение не менее IP44 или специальное, соответствующее условиям их работы (например, для открытых химических установок, для особо низких температур).

5.3.17. Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях, где возможно оседание на их обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого электродвигателя, воздухопроводы и все сопряжения и стыки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в систему вентиляции.

При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всаса окружающего воздуха при останове электродвигателя. Подогрев наружного (холодного) воздуха не требуется.

5.3.18. Электродвигатели, устанавливаемые в местах сырых или особо сырых, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие влаги и пыли (со специальной обмазкой, влагостойкую и т.п.).

5.3.19. Электродвигатели, устанавливаемые в местах с химически активными парами или газами, должны иметь исполнение не менее IP44 или продуваемое с подводом чистого воздуха при соблюдении требований, приведенных в пункте 5.3.17 настоящих Правил. Допускается также применение электродвигателей исполнения не менее IP33, но с химически стойкой изоляцией и с закрытием открытых неизолированных токоведущих частей колпаками или другим способом.

5.3.20. Для электродвигателей, устанавливаемых в помещениях с температурой воздуха более плюс 40°C, должны выполняться мероприятия, исключающие возможность их недопустимого нагрева (например, принудительная вентиляция с подводом охлаждающего воздуха, наружный обдув и т.п.).

5.3.21. При замкнутой принудительной системе вентиляции электродвигателей следует предусматривать приборы контроля температуры воздуха и охлаждающей воды.

5.3.22. Электродвигатели, снабженные заложенными в обмотки, магнитопроводы или подшипники термоиндикаторами, а также вертикальные электродвигатели с термоиндикаторами в подпятниках, подшипниках и маслованнах должны иметь выводы от последних на специальные щитки, обеспечивающие удобство проведения периодических измерений. Щитовые измерительные приборы, как правило, необходимо устанавливать при мощности электродвигателей более 2 МВт.

### Установка электродвигателей

5.3.23. Электродвигатели должны быть выбраны и установлены таким образом, чтобы была исключена возможность попадания на их обмотки и токосъемные устройства воды, масла, эмульсии т.п., а вибрация оборудования, фундаментов и частей здания не превышала допустимых значений.

5.3.24. Шум, создаваемый электродвигателем совместно с приводимым им механизмом, не должен превышать уровня, допустимого санитарными нормами.

5.3.25. Проходы обслуживания между фундаментами или корпусами электродвигателей, между электродвигателями и частями здания или оборудования должны быть не менее указанных в Главе 5.1 настоящих Правил.

5.3.26. Электродвигатели и аппараты, за исключением имеющих степень защиты не менее IP44, а резисторы и реостаты – всех исполнений должны быть установлены на расстоянии не менее 1 м от конструкций зданий, выполненных из сгораемых материалов.

5.3.27. Синхронные электрические машины мощностью 1 МВт и более и машины постоянного тока мощностью 1 МВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования замкнутой цепи тока через вал и подшипники машины. При этом у синхронных машин должны быть изолированы подшипник со стороны возбудителя и все подшипники возбудителя. Маслопроводы этих электрических машин должны быть изолированы от корпусов их подшипников.

5.3.28. Электродвигатели выше 1 кВ разрешается устанавливать непосредственно в производственных помещениях, соблюдая следующие условия:

1. Электродвигатели, имеющие выводы под статором или требующие специальных устройств для охлаждения, следует устанавливать на фундаменте с камерой (фундаментной ямой).

2. Фундаментная яма электродвигателя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к камерам ЗРУ выше 1 кВ (см. Главу 4.2 ПУЭ. Раздел IV).

3. Размеры фундаментной ямы должны быть не менее допускаемых для полупроходных кабельных туннелей (см. пункт 2.3.125 ПУЭ. Раздел II).

5.3.29. Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на виброизолирующих основаниях, на участке между подвижной и неподвижной частями основания должны иметь гибкие медные жилы.

### **Коммутационные аппараты**

5.3.30. Для группы электродвигателей, служащих для привода одной машины или ряда машин, осуществляющих единый технологический процесс, следует, как правило, применять общий аппарат или комплект коммутационных аппаратов, если это оправдывается требованиями удобства или безопасности эксплуатации. В остальных случаях - каждый электродвигатель должен иметь отдельные коммутационные аппараты.

Коммутационные аппараты в цепях электродвигателей должны отключать от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением. В цепи отдельных электродвигателей допускается иметь аппарат, отключающий не все проводники, если в общей цепи группы таких электродвигателей установлен аппарат, отключающий все проводники.

5.3.31. При наличии дистанционного или автоматического управления электродвигателем какого-либо механизма вблизи последнего должен быть установлен аппарат аварийного отключения, исключающий возможность дистанционного или автоматического пуска электродвигателя до принудительного возврата этого аппарата в исходное положение.

Не требуется устанавливать аппараты аварийного отключения у механизмов:

- а) расположенных в пределах видимости с места управления;
- б) доступных только квалифицированному обслуживающему персоналу (например, вентиляторы, устанавливаемые на крышах, вентиляторы и насосы, устанавливаемые в отдельных помещениях);

в) конструктивное исполнение которых исключает возможность случайного прикосновения к движущимся и вращающимся частям; около этих механизмов должно быть предусмотрено вывешивание плакатов, предупреждающих о возможности дистанционного или автоматического пуска;

г) имеющих аппарат местного управления с фиксацией команды на отключение.

Целесообразность установки аппаратов местного управления (пуск, останов) вблизи дистанционно или автоматически управляемых механизмов должна определяться при проектировании в зависимости от требований технологии, техники безопасности и организации управления данной установкой.

5.3.32. Цепи управления электродвигателями допускается питать как от главных цепей, так и от других источников электроэнергии, если это вызывает техническую необходимость.

Во избежание внезапных пусков электродвигателя при восстановлении напряжения в главных цепях должна быть предусмотрена блокировочная связь, обеспечивающая автоматическое отключение главной цепи во всех случаях исчезновения напряжения в ней, если не предусматривается самозапуск.

5.3.33. На корпусах аппаратов управления и разъединяющих аппаратах должны быть нанесены четкие знаки, позволяющие легко распознавать включенное и отключенное положения рукоятки управления аппаратом. В случаях, когда оператор не может определить по состоянию аппарата управления, включена или отключена главная цепь электродвигателя, рекомендуется предусматривать световую сигнализацию.

5.3.34. Коммутационные аппараты должны без повреждений и ненормального износа коммутировать наибольшие токи нормальных режимов работы управляемого ими электродвигателя (пусковой, тормозной, реверса, рабочий). Если реверсы и торможения не имеют места в нормальном режиме, но возможны при неправильных операциях, то коммутационные аппараты в главной цепи должны коммутировать эти операции без разрушения.

5.3.35. Коммутационные аппараты должны быть стойкими к расчетным токам КЗ (см. Главу 1.4 ПУЭ. Раздел IV).

5.3.36. Коммутационные аппараты по своим электрическим и механическим параметрам должны соответствовать характеристикам приводимого механизма во всех режимах его работы в данной установке.

5.3.37. Использование втычных контактных соединителей для управления переносными электродвигателями допускается только при мощности электродвигателя не более 1 кВт.

Втычные контактные соединители, служащие для присоединения передвижных электродвигателей мощностью более 1 кВт, должны иметь блокировку, при которой отключение и включение соединения возможны только при отключенном положении пускового аппарата в главной (силовой) цепи электродвигателя.

5.3.38. Включение обмоток магнитных пускателей, контакторов и автоматических выключателей в сети до 1 кВ с заземленной нейтралью может производиться на междуфазное или фазное напряжение.

При включении обмоток указанных выше аппаратов на фазное напряжение должно быть предусмотрено одновременное отключение всех трех фаз отключения к электродвигателю автоматическим выключателем, а при защите предохранителями – специальными устройствами, действующими на отключение

пускателя или контактора при сгорании предохранителей в одной или любых двух фазах.

При включении обмотки на фазное напряжение ее нулевой вывод должен быть надежно присоединен к нулевому рабочему проводнику питающей линии или отдельному изолированному проводнику, присоединенному к нулевой точке сети.

5.3.39. Коммутационные аппараты электродвигателей, питаемых по схеме блока трансформатор – электродвигатель, следует, как правило, устанавливать на вводе от сети, питающей блок, без установки их на вводе к электродвигателю.

5.3.40. При наличии дистанционного или автоматического управления механизмами должна быть предусмотрена предварительная (перед пуском) сигнализация или звуковое оповещение о предстоящем пуске. Такую сигнализацию и такое оповещение не требуется предусматривать у механизмов, вблизи которых установка аппарата аварийного отключения не требуется (см. пункт 5.3.31 настоящих Правил).

5.3.41. Провода и кабели, которые соединяют пусковые реостаты с фазными роторами асинхронных электродвигателей, должны выбираться по длительно допустимому току для следующих условий:

работа с замыканием колец электродвигателя накоротко: при пусковом статическом моменте механизма, не превышающем 50% номинального момента электродвигателя (легкий пуск), – 35% номинального тока ротора, в остальных случаях – 50% номинального тока ротора;

работа без замыкания колец электродвигателя накоротко – 100% номинального тока ротора.

5.3.42. Пуск асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и синхронных электродвигателей должен производиться, как правило, непосредственным включением в сеть (прямой пуск). При невозможности прямого пуска следует применять пуск через реактор, трансформатор или автотрансформатор. В особых случаях допускается применение пуска с подъемом частоты сети с нуля.

### **Защита асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ**

5.3.43. На электродвигателях должна предусматриваться защита от многофазных замыканий (см. пункт 5.3.46 настоящих Правил) и в случаях, оговоренных ниже, защита от однофазных замыканий на землю (см. пункт 5.3.48 настоящих Правил), защита от токов перегрузки (см. пункт 5.3.49 настоящих Правил) и защита минимального напряжения (см. пункты 5.3.52 и 5.3.53 на-

стоящих Правил). На синхронных электродвигателях должна, кроме того, предусматриваться защита от асинхронного режима (см. пункты 5.3.50 и 5.3.51 настоящих Правил), которая может быть совмещена с защитой от токов перегрузки.

Защита электродвигателей с изменяемой частотой вращения должна выполняться для каждой частоты вращения в виде отдельного комплекта, действующего на свой выключатель.

5.3.44. На электродвигателях, имеющих принудительную смазку подшипников, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия смазки.

На электродвигателях, имеющих принудительную вентиляцию, следует устанавливать защиту, действующую на сигнал и отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции.

5.3.45. Электродвигатели с водяным охлаждением обмоток и активной стали статора, а также с встроенными воздухоохладителями, охлаждаемыми водой, должны иметь защиту, действующую на сигнал при уменьшении потока воды ниже заданного значения и на отключение электродвигателя при его прекращении. Кроме того, должна быть предусмотрена сигнализация, действующая при появлении воды в корпусе электродвигателя.

5.3.46. Для защиты электродвигателей от многофазных замыканий в случаях, когда не применяются предохранители, должна предусматриваться:

1. Токовая однорелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия, включенным на разность токов двух фаз, – для электродвигателей мощностью менее 2 МВт.

2. Токовая двухрелейная отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах, с реле прямого или косвенного действия – для электродвигателей мощностью 2 МВт и более, имеющих действующую на отключение защиту от однофазных замыканий на землю (см. пункт 5.3.48 настоящих Правил), а также для электродвигателей мощностью менее 2 МВт, когда защита по п. 1 не удовлетворяет требованиям чувствительности или когда двухрелейная отсечка оказывается целесообразной по исполнению комплектной защиты или применяемого привода с реле прямого действия.

При отсутствии защиты от однофазных замыканий на землю токовая отсечка электродвигателей мощностью 2 МВт и более должна выполняться трехрелейной с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполнен-

ная с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

3. Продольная дифференциальная токовая защита – для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, а также менее 5 МВт, если установка токовых отсечек по п. 1 и 2 не обеспечивает выполнения требований чувствительности; продольная дифференциальная защита электродвигателей при наличии на них защиты от замыканий на землю должна иметь двухфазное исполнение, а при отсутствии этой защиты – трехфазное, с тремя трансформаторами тока. Допускается защита в двухфазном исполнении с дополнением защиты от двойных замыканий на землю, выполненной с помощью трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле.

Для электродвигателей мощностью 5 МВт и более, выполненных без шести выводов обмотки статора, должна предусматриваться токовая отсечка.

5.3.47. Для блоков трансформатор (автотрансформатор) – электродвигатель должна предусматриваться общая защита от многофазных замыканий:

1. Токовая отсечка без выдержки времени, отстроенная от пусковых токов при выведенных пусковых устройствах (см. также пункт 5.3.46 настоящих Правил), – для электродвигателей мощностью до 2 МВт. При схеме соединения обмоток трансформатора звезда – треугольник отсечка выполняется из трех токовых реле: двух включенных на фазные токи и одного включенного на сумму этих токов.

При невозможности установки трех реле (например, при ограниченном числе реле прямого действия) допускается схема с двумя реле, включенными на соединенные треугольником вторичные обмотки трех трансформаторов тока.

2. Дифференциальная отсечка в двухрелейном исполнении, отстроенная от бросков тока намагничивания трансформатора, – для электродвигателей мощностью более 2 МВт, а также 2 МВт и менее, если защита по п. 1 не удовлетворяет требованиям чувствительности при междуфазном КЗ на выводах электродвигателя.

3. Продольная дифференциальная токовая защита в двухрелейном исполнении с промежуточными насыщающимися трансформаторами тока – для электродвигателей мощностью более 5 МВт, а также 5 МВт и менее, если установка отсечек по подпунктам 1 и 2 не удовлетворяет требованиям чувствительности.

Оценка чувствительности должна производиться в соответствии с пунктами 3.2.19 и 3.2.20 ПУЭ. Раздел III при КЗ на выводах электродвигателя.

Защита должна действовать на отключение выключателя блока, а у синхронных электродвигателей – также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

Для блоков с электродвигателями мощностью более 20 МВт, как правило, должна предусматриваться защита от замыкания на землю, охватывающая не

менее 85% витков обмотки статора электродвигателя и действующая на сигнал с выдержкой времени.

Указания по выполнению остальных видов защиты трансформаторов (автотрансформаторов) (см. пункты 3.2.51 и 3.2.53 ПУЭ. Раздел III) и электродвигателей при работе их раздельно действительны и в том случае, когда они объединены в блок трансформатор (автотрансформатор) – электродвигатель.

5.3.48. Защита электродвигателей мощностью до 2 МВт от однофазных замыканий на землю при отсутствии компенсации должна предусматриваться при токах замыкания на землю 10 А и более, а при наличии компенсации – если остаточный ток в нормальных условиях превышает это значение. Такая защита для электродвигателей мощностью более 2 МВт должна предусматриваться при токах 5 А и более.

Ток срабатывания защит электродвигателей от замыканий на землю должен быть не более: для электродвигателей мощностью до 2 МВт 10 А и для электродвигателей мощностью более 2 МВт 5 А. Рекомендуются меньшие токи срабатывания, если это не усложняет выполнения защиты.

Защиту следует выполнять без выдержки времени (за исключением электродвигателей, для которых требуется замедление защиты по условию отстройки от переходных процессов) с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности, установленных, как правило, в РУ. В тех случаях, когда установка трансформаторов тока нулевой последовательности в РУ невозможна или может вызвать увеличение выдержки времени защиты, допускается устанавливать их у выводов электродвигателя в фундаментной яме.

Если защита по условию отстройки от переходных процессов должна иметь выдержку времени, то для обеспечения быстродействующего отключения двойных замыканий на землю в различных точках должно устанавливаться дополнительное токовое реле с первичным током срабатывания около 50–100 А.

Защита должна действовать на отключение электродвигателя, а у синхронных электродвигателей – также на устройство АГП, если оно предусмотрено.

5.3.49. Защита от перегрузки должна предусматриваться на электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, и на электродвигателях с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска (длительность прямого пуска непосредственно от сети 20 с и более), перегрузка которых возможна при чрезмерном увеличении длительности пускового периода вследствие понижения напряжения в сети.

Защиту от перегрузки следует предусматривать в одной фазе с зависимой или независимой от тока выдержкой времени, отстроенной от длительности пуска электродвигателя в нормальных условиях и самозапуска после действия АВР и АПВ. Выдержка времени защиты от перегрузки синхронных электродвигателей во избежание излишних срабатываний при длительной форсировке



возбуждения должна быть по возможности близкой к наибольшей допустимой по тепловой характеристике электродвигателя.

На электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, защита, как правило, должна выполняться с действием на сигнал и автоматическую разгрузку механизма.

Действие защиты на отключение электродвигателя допускается:

на электродвигателях механизмов, для которых отсутствует возможность своевременной разгрузки без останова, или на электродвигателях, работающих без постоянного дежурства персонала;

на электродвигателях механизмов с тяжелыми условиями пуска или самозапуска.

Для электродвигателей, которые защищаются от токов КЗ предохранителями, не имеющими вспомогательных контактов для сигнализации об их перегорании, должна предусматриваться защита от перегрузки в двух фазах.

5.3.50. Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима может осуществляться при помощи реле, реагирующего на увеличение тока в обмотках статора; она должна быть отстроена по времени от пускового режима и тока при действии форсировки возбуждения.

Защита, как правило, должна выполняться с независимой от тока характеристикой выдержки времени. Допускается применение защиты с зависимой от тока характеристикой на электродвигателях с отношением КЗ более 1.

При выполнении схемы защиты должны приниматься меры по предотвращению отказа защиты при биениях тока асинхронного режима.

Допускается применение других способов защиты, обеспечивающих надежное действие защиты при возникновении асинхронного режима.

5.3.51. Защита синхронных электродвигателей от асинхронного режима должна действовать с выдержкой времени на одну из схем, предусматривающих:

1) ресинхронизацию;

2) ресинхронизацию с автоматической кратковременной разгрузкой механизма до такой нагрузки, при которой обеспечивается втягивание электродвигателя в синхронизм (при допустимости кратковременной разгрузки по условиям технологического процесса);

3) отключение электродвигателя и повторный автоматический пуск;

4) отключение электродвигателя (при невозможности его разгрузки или ресинхронизации, при отсутствии необходимости автоматического повторного пуска и ресинхронизации по условиям технологического процесса).

5.3.52. Для облегчения условий восстановления напряжения после отключения КЗ и обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов следует предусматривать отключение защитой минимального напряжения

электродвигателей неответственных механизмов суммарной мощностью, определяемой возможностями источника питания и сети по обеспечению самозапуска.

Выдержки времени защиты минимального напряжения должны выбираться в пределах от 0,5 до 1,5 с – на ступень больше времени действия быстродействующих защит от многофазных КЗ, а уставки по напряжению должны быть, как правило, не выше 70% номинального напряжения.

При наличии синхронных электродвигателей, если напряжение на отключенной секции затухает медленно, в целях ускорения действия АВР и АПВ может быть применено гашение поля синхронных электродвигателей ответственных механизмов с помощью защиты минимальной частоты или других способов, обеспечивающих быструю фиксацию потери питания.

Эти же средства могут быть использованы для отключения неответственных синхронных электродвигателей, а также для предупреждения несинхронного включения отключенных двигателей, если токи выключения превышают допустимые значения.

В электроустановках промышленных предприятий в случаях, когда не может быть осуществлен одновременный самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов (см. пункт 5.3.10 настоящих Правил), следует применять отключение части таких ответственных механизмов и их автоматический повторный пуск по окончании самозапуска первой группы электродвигателей. Включение последующих групп может быть осуществлено по току, напряжению или времени.

5.3.53. Защита минимального напряжения с выдержкой времени не более 10 с и уставкой по напряжению, как правило, не выше 50% номинального напряжения (кроме случаев, приведенных в пункте 5.3.52 настоящих Правил) должна устанавливаться на электродвигателях ответственных механизмов также в случаях, когда самозапуск механизмов после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности и, кроме того, когда не может быть обеспечен самозапуск всех электродвигателей ответственных механизмов (см. пункт 5.3.52 настоящих Правил). Кроме указанных случаев эту защиту следует использовать также для обеспечения надежности пуска АВР электродвигателей взаиморезервируемых механизмов.

На электродвигателях с изменяемой частотой вращения ответственных механизмов, самозапуск которых допустим и целесообразен, защиты минимального напряжения должны производить автоматическое переключение на низшую частоту вращения.

5.3.54. На синхронных электродвигателях должно предусматриваться автоматическое гашение поля. Для электродвигателей мощностью 2 МВт и более АГП осуществляется путем введения сопротивления в цепь обмотки возбужде-

ния. Для электродвигателей мощностью менее 2 МВт допускается осуществлять АГП путем введения сопротивления в цепь обмотки возбуждения возбуждателя. Для синхронных электродвигателей менее 0,5 МВт АГП, как правило, не требуется. На синхронных электродвигателях, которые снабжены системой возбуждения, выполненной на управляемых полупроводниковых элементах, АГП независимо от мощности двигателя может осуществляться инвертированием, если оно обеспечивается схемой питания. В противном случае АГП должно осуществляться введением сопротивления в цепь обмотки возбуждения.

### **Защита электродвигателей напряжением до 1 кВ (асинхронных, синхронных и постоянного тока)**

5.3.55. Для электродвигателей переменного тока должна предусматриваться защита от многофазных замыканий (см. пункт 5.3.56 настоящих Правил), в сетях с глухозаземленной нейтралью – также от однофазных замыканий, а в случаях, предусмотренных в пунктах 5.3.57 и 5.3.58 настоящих Правил, – кроме того, защита от токов перегрузки и защита минимального напряжения. На синхронных электродвигателях (при невозможности втягивания в синхронизм с полной нагрузкой) дополнительно должна предусматриваться защита от асинхронного режима согласно пункту 5.3.59 настоящих Правил.

Для электродвигателей постоянного тока должны предусматриваться защиты от КЗ. При необходимости дополнительно могут устанавливаться защиты от перегрузки и от чрезмерного повышения частоты вращения.

5.3.56. Для защиты электродвигателей от КЗ должны применяться предохранители или автоматические выключатели.

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматических выключателей должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось надежное отключение КЗ на зажимах электродвигателя (см. пункты 1.7.79 и 3.1.8 ПУЭ. Раздел I) и вместе с тем, чтобы электродвигатели при нормальных для данной электроустановки толчках тока (пиках технологических нагрузок, пусковых токах, токах самозапуска и т. п.) не отключались этой защитой. С этой целью для электродвигателей механизмов с легкими условиями пуска отношение пускового тока электродвигателя к номинальному току плавкой вставки должно быть не более 2,5, а для электродвигателей механизмов с тяжелыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски и т. п.) это отношение должно быть равным 2,0–1,6.

Для электродвигателей ответственных механизмов с целью особо надежной отстройки предохранителей от толчков тока допускается принимать это отношение равным 1,6 независимо от условий пуска электродвигателя, если крат-

ность тока КЗ на зажимах электродвигателя составляет не менее указанной в пункте 3.1.8 ПУЭ. Раздел III.

Допускается осуществление защиты от КЗ одним общим аппаратом для группы электродвигателей при условии, что эта защита обеспечивает термическую стойкость пусковых аппаратов и аппаратов защиты от перегрузок, примененных в цепи каждого электродвигателя этой группы.

На электростанциях для защиты от КЗ электродвигателей собственных нужд, связанных с основным технологическим процессом, должны применяться автоматические выключатели. При недостаточной чувствительности электромагнитных расцепителей автоматических выключателей в системе собственных нужд электростанций могут применяться выносные токовые реле с действием на независимый расцепитель выключателя.

Для надежного обеспечения селективности защит в питающей сети собственных нужд электростанций в качестве защиты электродвигателей от КЗ рекомендуется применять электромагнитные расцепители отсечки.

5.3.57. Защита электродвигателей от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также когда при особо тяжелых условиях пуска или самозапуска необходимо ограничить длительность пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловым реле или другими устройствами.

Защита от перегрузки должна действовать на отключение, на сигнал или на разгрузку механизма, если разгрузка возможна.

Применение защиты от перегрузки не требуется для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы.

5.3.58 Защита минимального напряжения должна устанавливаться в следующих случаях:

для электродвигателей постоянного тока, которые не допускают непосредственного включения в сеть;

для электродвигателей механизмов, самозапуск которых после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности;

для части прочих электродвигателей в соответствии с условиями, приведенными в пункте 5.3.52 настоящих Правил.

Для ответственных электродвигателей, для которых необходим самозапуск, если их включение производится при помощи контакторов и пускателей с удерживающей обмоткой, должны применяться в цепи управления механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени. Для таких электродвигателей, если это допустимо по условиям техно-

логического процесса и условиям безопасности, можно также вместо кнопок управления применять выключатели, с тем чтобы цепь удерживающей обмотки оставалась замкнутой помимо вспомогательных контактов пускателя и этим обеспечивалось автоматическое обратное включение при восстановлении напряжения независимо от времени перерыва питания.

5.3.59. Для синхронных электродвигателей защита от асинхронного режима должна, как правило, осуществляться с помощью защиты от перегрузки по току статора.

5.3.60. Защита от КЗ в электродвигателях переменного и постоянного тока должна предусматриваться:

1) в электроустановках с заземленной нейтралью – во всех фазах или полюсах;

2) в электроустановках с изолированной нейтралью:  
при защите предохранителями – во всех фазах или полюсах;  
при защите автоматическими выключателями – не менее чем в двух фазах или одном полюсе, при этом в пределах одной и той же электроустановки защиту следует осуществлять в одних и тех же фазах или полюсах.

Защита электродвигателей переменного тока от перегрузок должна выполняться:

в двух фазах при защите электродвигателей от КЗ предохранителями;  
в одной фазе при защите электродвигателей от КЗ автоматическими выключателями.

Защита электродвигателей постоянного тока от перегрузок должна выполняться в одном полюсе.

5.3.61. Аппараты защиты электродвигателей должны удовлетворять требованиям Главы 3.1 ПУЭ Раздел III. Все виды защиты электродвигателей от КЗ, перегрузки, минимального напряжения допускается осуществлять соответствующими расцепителями, встроенными в один аппарат.

5.3.62. Специальные виды защиты от работы на двух фазах допускается применять в порядке исключения на электродвигателях, не имеющих защиты от перегрузки, для которых существует повышенная вероятность потери одной фазы, ведущая к выходу электродвигателя из строя с тяжелыми последствиями.

## **Глава 5.4 Электрооборудование кранов**

### **Область применения, определения**

5.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на электрооборудование мостовых, порталных, башенных, кабельных и других кранов напряжением до 10 кВ, устанавливаемых на фундаменте или на рельсовом крановом пути, а

также на электрооборудование однорельсовых тележек и электроталей внутри и вне зданий и сооружений. Кроме того, электрооборудование кранов должно отвечать требованиям, определяемым правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

Глава не распространяется на судовые, плавучие, железнодорожные, автомобильные и другие подобные краны.

5.4.2. Электрооборудование кранов<sup>1</sup>, устанавливаемых во взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах, должно соответствовать кроме требований настоящей главы также требованиям Глав 7.3 и 7.4 ПУЭ. Раздел VII соответствует.

5.4.3. Главными троллеями называются троллеи, расположенные вне крана.

Троллеями крана называются троллеи, расположенные на кране.

5.4.4. Малогабаритным троллейным токопроводом (шинопроводом) называется закрытое кожухом устройство, состоящее из троллеев, изоляторов и кареток с токосъемниками. При помощи малогабаритного троллейного токопровода могут осуществляться питание крана или его тележки, управление однорельсовыми тележками и электроталями и т.д.

5.4.5. Ремонтным загоном называется место, где кран устанавливается на время ремонта.

Ремонтным участком главных троллеев называется участок этих троллеев в пределах ремонтного загона.

5.4.6. Секцией главных троллеев называется участок этих троллеев, расположенный вне пределов ремонтных загонов и отделенный изолированным стыком от каждого из соседних участков, в том числе от ремонтных участков.

### **Общие требования**

5.4.7. Электроснабжение крана должно осуществляться при помощи

1) главных троллеев, в том числе при помощи малогабаритного троллейного токопровода;

2) стационарных питательных пунктов, по токосъемным контактам которых скользят укрепленные на кране отрезки троллеев («контактные лыжи»);

3) кольцевого токоподвода;

4) гибкого кабеля;

5) стационарного токоподвода (для кранов, установленных на фундаменте).

5.4.8. Исполнение электрооборудования (электродвигателей, аппаратов и т.п.) кранов должно соответствовать условиям окружающей среды.

---

<sup>1</sup> В тексте настоящей главы под термином «краны» подразумеваются не только собственно краны, но и однорельсовые тележки и электротали

5.4.9. Напряжение электродвигателей переменного и постоянного тока и преобразовательных агрегатов (статических или вращающихся), устанавливаемых на кранах, должно быть не выше 10 кВ. Применение напряжения выше 1 кВ должно быть обосновано расчетами.

5.4.10. На кранах допускается установка трансформаторов напряжением до 10 кВ и конденсаторов для повышения уровня компенсации реактивной мощности. Трансформаторы должны быть сухими или с заполнением негорючим жидким диэлектриком. Конденсаторы должны иметь пропитку из негорючей синтетической жидкости.

5.4.11. Неизолированные токоведущие части электрооборудования крана должны быть ограждены, если их расположение не исключает случайного прикосновения к ним лиц, находящихся в кабине управления, на галереях и площадках крана, а также возле него. В отношении троллеев – см. пункты 5.4.30–5.4.33 настоящих Правил.

Электрооборудование с неизолированными токоведущими частями (магнитные контроллеры, ящики резисторов и др.), с которого автоматически снимается напряжение при входе в места его расположения, а также электрооборудование, установленное в аппаратных кабинах и других электропомещениях, закрытых во время эксплуатации крана, может не ограждаться.

Расстояния от настила моста крана и его тележки до незащищенных изолированных проводов приведены в Главе 2.1 ПУЭ. Раздел II, до неизолированных токопроводов – в Главе 2.2 ПУЭ. Раздел II и до светильников – в Главе 6.1 ПУЭ. Раздел IV.

5.4.12. Аппараты ручного управления в кабинах кранов должны быть размещены так, чтобы машинист крана мог работать сидя. Направление движения рукоятки и маховиков аппаратов должно по возможности соответствовать направлению вызываемых ими движений.

5.4.13. Панели управления, расположенные в кабине управления, должны иметь сплошные или сетчатые ограждения. Ширина проходов обслуживания этих панелей должна быть не менее указанной в пункте 5.4.14. настоящих Правил. Установка в кабине управления резисторов для электродвигателей не допускается.

5.4.14. В аппаратных кабинах и других электропомещениях проходы обслуживания щитов и отдельных панелей (магнитных контроллеров и др.) должны отвечать следующим требованиям:

1. Ширина проходов, расположенных как с лицевой, так и с задней стороны щитов и панелей, имеющих сплошные или сетчатые ограждения, должна быть не менее 0,6 м.

2. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2,2 м по одну сторону прохода, до стены и

оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенных по другую сторону прохода, должно быть не менее 0,8 м. Расстояние между неизолированными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2,2 м на разных сторонах прохода, должно быть не менее 1 м.

5.4.15. Электрические отопительные приборы, устанавливаемые в кабине управления крана, должны быть безопасными в пожарном отношении, а их токоведущие части должны быть ограждены. Эти приборы следует присоединять к электрической сети после вводного устройства. Корпус отопительного прибора должен быть заземлен.

5.4.16. В пролетах, где на общих рельсовых крановых путях работают два или более кранов, для каждого из них должен быть предусмотрен свой ремонтный загон. Он должен быть совмещен с местом устройства площадки для посадки на кран обслуживающего персонала.

Допускается совмещение ремонтных загонов двух или более кранов, если это не приводит к недопустимому ограничению технологического процесса во время внепланового ремонта любого крана.

Устройство ремонтных загонов не требуется при питании кранов от гибких главных троллеев (гибкого кабеля).

### **Троллей напряжением до 1 кВ**

5.4.17. Ремонтный участок главных троллеев должен быть электрически изолирован при помощи изолированных стыков от продолжения тех же троллеев и соединен с ними посредством разъединяющих аппаратов таким образом, чтобы во время нормальной работы этот участок мог быть включен на напряжение, а при остановке крана на ремонт надежно отключен.

Изоляция стыков главных троллеев должна быть выполнена в виде воздушного зазора, ширина которого зависит от конструкции токосъемника, но должна быть при напряжении до 1 кВ не менее 50 мм. Ширина токосъемника должна быть такова, чтобы при нормальной работе крана были исключены перерывы в подаче напряжения и неожиданная его остановка при пересечении токосъемником изолированных стыков троллеев.

Разъединяющие аппараты, служащие для соединения ремонтного участка с продолжением главных троллеев, должны быть закрытого типа и иметь приспособление для запирания на замок в отключенном положении.

5.4.18. Ремонтный участок главных троллеев, расположенный у торца кранового пролета, должен быть оборудован одним изолированным стыком и одним разъединяющим аппаратом.

Ремонтный участок главных троллеев, расположенный в середине пролета, должен быть оборудован двумя изолированными стыками (по одному с каждой



стороны) и тремя разъединяющими аппаратами, включенными таким образом, чтобы было возможно осуществлять непрерывное питание троллеев, минуя отключенный ремонтный участок, а также отключать отдельно как ремонтный участок, так и секции троллеев, расположенные по обе его стороны.

5.4.19. Длина ремонтного участка главных троллеев, расположенного у торца кранового пролета, должна быть не менее ширины моста крана плюс 2 м, а длина участка, расположенного в середине пролета, – не менее ширины моста крана плюс 4 м.

Если для ремонта крана установлена электроталь (тельфер), то длину ремонтного участка следует определять в зависимости от крайних положений моста при ремонте:

1. На ремонтном участке у торца кранового пролета должно оставаться не менее 2 м от изолированного стыка до моста, занимающего во время ремонта положение, наиболее удаленное от торца.

2. На ремонтном участке в середине пролета должно быть не менее 2 м от изолированных стыков до моста при всех возможных положениях его во время ремонта.

5.4.20. На главных троллеях, а в случае их секционирования на каждой секции этих троллеев и на каждом их ремонтном участке должна быть предусмотрена возможность установки перемычки, закорачивающей между собой и заземляющей все фазы (полюсы) на период осмотра и ремонта самих троллеев или ремонта крана.

5.4.21. Главные троллеи и троллеи крана должны выполняться в соответствии с требованиями Главы 2.2 ПУЭ. Раздел II и настоящей Главы.

5.4.22. На малогабаритные троллейные токопроводы требования Главы 2.2 ПУЭ. Раздел II, а также пунктов 5.4.23, 5.4.24, 5.4.26, 5.4.39 и второго абзаца 5.4.17 настоящих Правил не распространяются.

5.4.23. Главные троллеи крана должны выполняться, как правило, из стали. Допускается выполнять эти троллеи из алюминиевых сплавов. Применение меди и биметалла для главных троллеев и троллеев крана должно быть специально обосновано.

5.4.24. Троллеи могут быть жесткими или гибкими; они могут подвешиваться на тросах и располагаться в коробах или каналах. При применении жестких троллеев необходимо предусматривать устройства для компенсации линейных изменений от температуры и осадки здания.

5.4.25. Расстояния между местами крепления троллеев должны быть такими, чтобы исключалась возможность замыкания их между собой и на заземленные части. Это расстояние выбирается с учетом стрелы провеса, а на открытом воздухе – кроме того, с учетом отклонения проводника под действием ветра.

5.4.26. Для кранов напряжением до 660 В, установленных как в помещении, так и на открытом воздухе, расстояния в свету между любыми токоведущими частями троллеев разных фаз (полюсов), а также между ними и другими конструкциями, не изолированными от земли, должны быть не менее 30 мм для неподвижных одна относительно другой деталей и 15 мм для деталей, движущихся одна относительно другой. При напряжении выше 660 В эти расстояния должны быть не менее 200 и 125 мм соответственно.

Указанные расстояния должны быть обеспечены для главных троллеев крана при всех возможных передвижениях крана, его тележки и т.п.

5.4.27. Расстояния от главных троллеев и троллеев крана до уровня пола цеха или земли должны быть не менее: при напряжении до 660 В – 3,5 м, а в проезжей части – 6 м; при напряжении выше 660 В – во всех случаях 7 м. Уменьшение указанных расстояний допускается при условии ограждения троллесс (см. пункты 5.4.31–5.4.33 настоящих Правил).

При гибких троллеях указанные расстояния должны быть обеспечены при наибольшей стреле провеса.

5.4.28. При прокладке троллеев в полу в каналах, закрытых бетонными плитами или металлическими листами, а также в коробах, расположенных на высоте менее 3,5 м, зазор для перемещения кронштейна с токоъемниками не должен находиться в одной вертикальной плоскости с троллеями.

Короба троллеев должны быть выполнены в соответствии с требованиями, приведенными в Главе 2.2 ПУЭ. Раздел II.

В каналах, расположенных в полу, необходимо обеспечить отвод почвенных и технологических вод.

5.4.29. Гибкий кабель, используемый для питания электрооборудования крана, в местах, где возможно его повреждение, должен быть соответствующим образом защищен. Выбор марки кабеля должен производиться с учетом условий его работы и возможных механических воздействий.

5.4.30. Главные троллеи крана мостового типа следует размещать со стороны, противоположной расположению кабины управления. Исключения допускаются в случаях, когда главные троллеи недоступны для случайного прикосновения к ним из кабины управления, с посадочных площадок и лестниц.

5.4.31. Главные троллеи и их токоъемники должны быть недоступными для случайного прикосновения к ним с моста крана, лестниц, посадочных площадок и других площадок, где могут находиться люди. Это должно обеспечиваться соответствующим расположением их или ограждением.

5.4.32. В местах возможного соприкосновения грузовых канатов с троллеями данного крана или крана, расположенного ярусом ниже, должны быть установлены соответствующие защитные устройства.

5.4.33. Троллеи крана и их токосъемники, не отключаемые автоматически, должны быть ограждены или расположены между фермами моста крана на расстоянии, недоступном для персонала, обслуживающего кран. Ограждение троллеев должно производиться по всей длине троллеев и с торцов.

5.4.34. В районах, где на открытом воздухе возможно образование на троллеях гололеда, следует предусматривать устройства или мероприятия для предупреждения или устранения гололеда.

5.4.35. Линия, питающая главные троллеи до 1 кВ, должна быть снабжена выключателем закрытого типа, рассчитанным на отключение рабочего тока всех кранов, установленных в одном пролете. Выключатель должен быть установлен в доступном для отключения месте и отключать троллеи только одного пролета.

Если главные троллеи имеют две или более секций, каждая из которых получает питание по отдельной линии, то допускается посекционное отключение троллеев с принятием мер, исключающих возможность попадания напряжения на отключенную секцию от других секций.

Выключатель, а при дистанционном управлении – аппарат управления выключателем должны иметь приспособление для запирания на замок в отключенном положении, а также указатель положения: «Включено», «Отключено».

5.4.36. Для кранов, которые работают в тяжелом и очень тяжелом режимах, линию, питающую главные троллеи до 1 кВ, рекомендуется защищать автоматическим выключателем.

5.4.37. Главные троллеи должны быть оборудованы световой сигнализацией о наличии напряжения, а при секционировании троллеев и наличии ремонтных участков этой сигнализацией должны быть оборудованы каждая секция и каждый ремонтный участок.

Рекомендуется непосредственное присоединение к троллеям сигнализаторов, в которых лампы светятся при наличии напряжения на троллеях и гаснут с его исчезновением. При троллеях трехфазного тока количество ламп сигнализаторов должно быть равно количеству фаз троллеев – по одной лампе, включенной на каждую фазу, а при троллеях постоянного тока сигнализатор должен иметь две лампы, включенные параллельно.

Для обеспечения долговечности ламп должны быть приняты меры (например, включение добавочных резисторов) по снижению напряжения на их зажимах на 10% номинального значения в нормальных условиях.

5.4.38. Присоединение посторонних электроприемников к главным троллеям магнитных кранов, кранов, транспортирующих жидкий металл, а также других кранов, при работе которых исчезновение напряжения может привести к аварии, не допускается.

5.4.39. Главные троллеи жесткого типа должны быть окрашены, за исключением их контактной поверхности. Цвет их окраски должен отличаться от цвета окраски конструкций здания и подкрановых балок, причем рекомендуется красный цвет. В месте подвода питания на длине 100 мм троллеи должны быть окрашены в соответствии с требованиями Главы 1.1 ПУЭ. Раздел I.

5.4.40. Для подачи напряжения на гибкий кабель порталных электрических кранов должны быть установлены колонки, специально предназначенные для этой цели.

### **Выбор и прокладка проводов и кабелей**

5.4.41. Выбор и прокладка проводов и кабелей, применяемых на кранах, должны осуществляться в соответствии с требованиями Глав 2.1, 2.3 ПУЭ. Раздел II и настоящей Главы.

5.4.42. Прокладку проводов на кранах рекомендуется выполнять на лотках, в коробах и трубах.

5.4.43. На кранах всех типов могут применяться провода и кабели с медными, алюмомедными или алюминиевыми жилами.

Сечение жил проводов и кабелей вторичных цепей должно быть не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  для медных жил и не менее  $4 \text{ мм}^2$  для алюмомедных и алюминиевых жил. Допускается применение проводов с многопроволочными жилами сечением не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  для медных жил и не менее  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюмомедных и алюминиевых жил, при этом провода не должны нести механической нагрузки (см. пункт 5.4.44. настоящих Правил).

Для кранов, работающих в тяжелом и весьма тяжелом режимах, а также для кранов, работающих с минеральными удобрениями, рекомендуется для вторичных цепей применять провода и кабели с медными жилами.

Для вторичных цепей напряжением до 60 В разрешается применение проводов и кабелей с медными многопроволочными жилами сечением не менее  $0,5 \text{ мм}^2$  при условии, что присоединение жил выполнено пайкой и провода не несут механической нагрузки.

Вторичные цепи на кранах, работающих с жидким и горячим металлом (разливочные, заливочные и завалочные краны, краны нагревательных колодцев и др.), должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами, а вторичные цепи на быстроходных кранах (уборочные краны, перегружатели) — с медными или алюмомедными жилами (см. также пункт 5.4.46. настоящих Правил).

Алюминиевые и алюмомедные жилы проводов и кабелей в первичных цепях кранов должны быть многопроволочными сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$ . Применение проводов и кабелей с однопроволочными алюминиевыми и алюмомедными жилами в первичных цепях кранов не допускается.

5.4.44. На электроталях, работающих как отдельно, так и входящих в состав других грузоподъемных машин, допускается применение защищенных проводов с медными жилами сечением: во вторичных цепях и цепях электромагнитного тормоза не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ , в цепях электродвигателей не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ ; кроме того, в указанных случаях допускается применение защищенных многопроводных проводов с алюминиевыми жилами сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ .

5.4.45. Прокладка проводов и кабелей на кранах, работающих с жидким и горячим металлом, должна выполняться в стальных трубах. На этих кранах не допускается прокладка в одной трубе силовых цепей разных механизмов, цепей управления разных механизмов, силовых цепей и цепей управления одного механизма.

5.4.46. На кранах, работающих с жидким и горячим металлом, должны применяться теплостойкие провода и кабели. Токовые нагрузки на них следует определять, исходя из температуры окружающего воздуха  $60^\circ\text{C}$ .

5.4.47. В местах, где изоляция и оболочка проводов и кабелей могут подвергаться воздействию масла, следует применять провода и кабели с маслостойкими изоляцией и оболочкой. В этих местах допускается применение проводов и кабелей с немаслостойкими изоляцией и оболочкой при условии прокладки их в трубах, имеющих герметичные вводы в электродвигатели, аппараты и т.п.

5.4.48. Допустимые длительные нагрузки на провода и кабели должны определяться в соответствии с Главой 1.3 ПУЭ. Раздел I.

5.4.49. Напряжение на зажимах электродвигателей и в цепях управления ими при всех режимах работы электрооборудования крана должно быть не ниже 85% номинального.

5.4.50. Жилы проводов и кабелей всех цепей должны иметь маркировку.

### **Управление, защита, сигнализация**

5.4.51. Напряжение цепей управления и автоматики должно быть не выше 400 В переменного и 440 В постоянного тока. На кранах, предназначенных для предприятий с электрической сетью 500 В, допускается применение напряжения 500 В.

5.4.52. Защита электрооборудования кранов должна выполняться в соответствии с требованиями Главы 3.1 ПУЭ. Раздел III и Главы 5.3. настоящих Правил.

## Освещение

5.4.53. В сетях до 42 В для питания цепей управления и освещения допускается использование в качестве рабочего провода металлических конструкций крана в соответствии с требованиями Главы 2.1. ПУЭ. Раздел II.

5.4.54. Номинальное напряжение светильников рабочего освещения крана при переменном токе не должно превышать 220 В. При напряжении сети трехфазного тока 380 В и выше питание светильников следует осуществлять от понижающих трансформаторов. Допускается включать светильники в силовую сеть трехфазного тока 380 В на линейное напряжение, соединяя их в звезду.

Для передвижных кранов, присоединяемых к сети 380/220 В гибким четырехжильным кабелем, питание светильников необходимо осуществлять на напряжении фаза – нуль.

Допускается включать светильники в силовую сеть напряжением до 600 В постоянного тока, соединяя их последовательно.

Для освещения места работы крана он должен быть снабжен светильниками (прожекторами, фонарями).

5.4.55. Для светильников ремонтного освещения должно применяться напряжение не выше 42 В с питанием от трансформатора или аккумулятора, установленных на кране или в пункте ремонта крана; при питании от трансформатора должны быть выполнены требования Главы 6.2. ПУЭ. Раздел VI.

## Заземление

5.4.56. Заземление запуск должны быть выполнены в соответствии с требованиями гл. 1.7. ПУЭ. Раздел I. Считается достаточным, если части, подлежащие заземлению, присоединены к металлическим конструкциям крана, при этом должна быть обеспечена непрерывность электрической цепи металлических конструкций. Если электрооборудование крана установлено на его заземленных металлических конструкциях и на опорных поверхностях предусмотрены зачищенные и незакрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется.

Рельсы кранового пути должны быть надежно соединены на стыках (сваркой, приваркой перемычек достаточного сечения, приваркой к металлическим подкрановым балкам) одна с другой для создания непрерывной электрической цепи. В электроустановках, для которых в качестве защитного мероприятия применяется заземление, рельсы кранового пути должны быть соответственно заземлены.

При установке крана на открытом воздухе рельсы кранового пути, кроме того, должны быть соединены между собой и заземлены, при этом для заземления

рельсов необходимо предусматривать не менее двух заземлителей, присоединяемых к рельсам в разных местах.

5.4.57. При питании крана кабелем должны быть выполнены кроме требований 5.4.56 также требования Главы 1.7 ПУЭ. Раздел I, предъявляемые к передвижным электроустановкам.

5.4.58. Корпус кнопочного аппарата управления крана, управляемого с пола, должен быть выполнен из изоляционного материала или заземлен не менее чем двумя проводниками. В качестве одного из проводников может быть использован тросик, на котором подвешен кнопочный аппарат.

### **Электрооборудование кранов напряжением выше 1 кВ**

5.4.59. Требования, приведенные в пунктах 5.4.60–5.4.69 настоящих Правил, распространяются на краны напряжением выше 1 кВ и являются дополнительными к требованиям, приведенным выше в настоящей главе.

5.4.60. Электрооборудование выше 1 кВ, расположенное на кранах как открыто, так и в электропомещениях, должно выполняться в соответствии с требованиями Главы 4.2. ПУЭ. Раздел IV

5.4.61. Секционирование, устройство ремонтных загонов и световой сигнализации на главных троллеях кранов не требуются.

5.4.62. Расстояние в свету между главными троллеями и краном должно быть по горизонтали не менее 1,5 м (исключение см. в пунктах 5.4.63 и 5.4.64 настоящих Правил). При расположении главных троллеев над площадками крана, на которых при работе или при ремонте крана могут находиться люди, троллеи должны располагаться на высоте не менее 3 м от уровня площадки, а площадка должна быть ограждена сверху сеткой.

5.4.63. Площадка для установки токосъемников главных троллеев должна иметь ограждение с дверью (люком). Расстояние по горизонтали от главных троллеев до этой площади должно быть не менее 0,7 м.

5.4.64. Конструкция токосъемников главных троллеев должна позволять разъединение их с троллеями, при этом разъединитель перед выключателем (см. пункт 5.4.65 настоящих Правил) может не устанавливаться. Между троллеями и отведенными от них токосъемниками расстояние должно быть не менее 0,7 м.

Привод токосъемников должен иметь приспособление для запираания на замок при отведенных токосъемниках, а также указатель: «Включено», «Отключено».

5.4.65. Отключение и включение посредством токосъемников главных троллеев рабочего тока, тока холостого хода трансформатора и электродвигателя напряжением выше 1 кВ не допускаются. На кране должен быть установлен

выключатель на стороне высшего напряжения, рассчитанный на отключение рабочего тока.

На стороне высшего напряжения трансформатора допускается установка коммутационного аппарата, рассчитанного на отключение только тока холостого хода трансформатора, при этом перед отключением трансформатора на высшем напряжении должно быть произведено предварительное отключение всей нагрузки.

5.4.66. Дверь (люк) на площадку для установки токоъемников (см. пункт 5.4.63 настоящих Правил), привод токоъемников (см. пункт 5.4.64 настоящих Правил) и выключатель (см. пункт 5.4.65 настоящих Правил) должны иметь блокировки, обеспечивающие следующее:

1. Работа привода токоъемников на отсоединение от троллеев и присоединение к ним должна быть возможной только после отключения выключателя.

2. Открывание двери на площадку для установки токоъемников должно быть возможным только после отведения токоъемников от троллеев в крайнее отключенное положение.

3. Работа привода токоъемников на соединение их с троллеями должна быть возможной только после закрытия двери на площадку для установки токоъемников.

4. Включение выключателя должно быть возможным только после соединения токоъемников с троллеями и после отведения токоъемников от троллеев в крайнее отключенное положение.

5.4.67. Должна быть предусмотрена возможность установки перемычки, соединяющей между собой и заземляющей все фазы токоъемников.

5.4.68. Для производства ремонтных работ должно быть обеспечено электроснабжение крана трехфазным напряжением не выше 380/220 В.

5.4.69. При установке кранов на открытом воздухе следует:

1) главные троллеи защищать от атмосферных перенапряжений и конструкции их заземлять в соответствии с требованиями Главы 2.5 ПУЭ. Раздел II;

2) трансформатор и электродвигатели напряжением выше 1 кВ, установленные на кране, защищать от атмосферных перенапряжений.

## **Глава 5.5 Электрооборудование лифтов**

### **Область применения, определения**

5.5.1. Настоящая глава Правил распространяется на электрооборудование лифтов (подъемников) напряжением до 600 В, грузоподъемностью 50 кг и более, устанавливаемых в жилых и общественных зданиях, в промышленных предприятиях и других сооружениях. В остальном лифты (подъемники) долж-



ны отвечать требованиям, определяемым правилами устройства и безопасной эксплуатации лифтов.

Настоящие Правила не распространяются на лифты (подъемники), устанавливаемые во взрывоопасных помещениях, в шахтах, горной промышленности на судах и иных плавучих сооружениях, на самолетах и других летательных аппаратах, а также на лифты специального назначения.

5.5.2. Лифтом (подъемником) в настоящих Правилах называется подъемное устройство, предназначенное для перемещения людей и груза в кабине или на платформе, движущихся в жестких вертикальных направляющих при помощи подъемного механизма, приводимого в действие электродвигателем непосредственно или через редуктор, связанный с ним жесткой или упругой муфтой.

5.5.3. Групповой лифтовой установкой в настоящих Правилах называется установка, состоящая из нескольких лифтов, имеющих машинное помещение и связанных между собой общей системой управления.

### **Общие требования**

5.5.4. Напряжение силовых электрических цепей в машинных помещениях должно быть не выше 660 В, в кабинах, шахтах и на этажных площадках – не выше 380 В, а для цепей управления, освещения и сигнализации во всех помещениях – не выше 220 В (допускается использование фазы и нуля сети 380/220 В). При использовании фазы и нуля должны быть соблюдены следующие требования:

1. Питание цепей управления, освещения и сигнализации должно производиться от одной фазы.

2. Один конец обмотки аппаратов должен быть наглухо присоединен к нулевому проводу.

Напряжение цепи питания переносных ламп должно быть не выше 42 В.

Применение автотрансформаторов с целью понижения напряжения не допускается.

5.5.5. Уровень помех радиоприему от электрических машин, аппаратов и электропроводки, входящих в комплект электрооборудования лифта (подъемника) или групповой лифтовой установки, не должен превышать значений, установленных действующими положениями.

### **Электропроводка и токоподвод к кабине**

5.5.6. Электропроводка в машинном помещении, шахте лифта (подъемника) и кабине должна соответствовать требованиям Главе 2.1 ПУЭ. Раздел II и Главе 3.4 ПУЭ. Раздел III, а также следующим требованиям:

1. Электропроводка должна выполняться изолированными проводами или кабелями с резиновой или равноценной ей изоляцией; применение силовых и контрольных кабелей с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги не допускается.

2. Сечение жил кабелей и проводов должно быть не менее  $1,5 \text{ мм}^2$  для медных жил и  $2,5 \text{ мм}^2$  для алюминиевых жил.

На участках цепей управления от этажных рядов зажимов и рядов зажимов на кабине до аппаратов, устанавливаемых в шахте и на кабине, а также на участках цепей управления, обеспечивающих безопасность пользования лифтом или подверженных частым ударам и вибрации, должны применяться провода и кабели с медными жилами. При применении проводов и кабелей с медными многопроволочными жилами сечение их может быть снижено: в цепях присоединения аппаратов безопасности до  $0,5 \text{ мм}^2$ , в остальных цепях до  $0,35 \text{ мм}^2$ .

3. Внутренний монтаж лифтовых аппаратов и комплектных устройств должен выполняться медными проводами.

4. Концы проводов должны иметь маркировку согласно проекту.

5.5.7. Токоподвод к кабине, а также к противовесу в случае установки на нем выключателя-ловителя или других аппаратов должен выполняться гибкими кабелями или гибкими проводами с медными жилами сечением не менее  $0,75 \text{ мм}^2$ , заключенными в общий резиновый или равноценный ему шланг.

В токоподводе должно быть предусмотрено не менее 5% резервных жил от общего числа используемых, но не менее двух жил.

Кабели и шланги должны быть рассчитаны на восприятие нагрузок от собственного веса. Допускается их усиление закреплением к несущему стальному тросу.

5.5.8. Кабели и шланги токоподвода должны быть размешены и укреплены таким образом, чтобы при движении кабины исключалась возможность их зацепления за находящиеся в шахте конструкции и их механического повреждения. При применении для токоподвода нескольких кабелей или шлангов они должны быть скреплены между собой.

### **Электрооборудование машинного помещения**

5.5.9. Проходы обслуживания между фундаментами или корпусами электрических машин, между электрическими машинами и частями здания или оборудования в машинных помещениях, кроме помещений для малогрузных (до 160 кг) подъемников, должны быть шириной не менее 1 м в свету. Допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м.

Допускается не более чем с двух сторон уменьшить до 0,5 м ширину прохода обслуживания электрических машин; со сторон машины, не требующих обслуживания, расстояние не регламентируется.

5.5.10. В машинных помещениях проходы обслуживания должны отвечать следующим требованиям:

1. Ширина (в свету) прохода обслуживания с передней и задней сторон панели управления должна быть не менее 0,75 м. При ширине панели управления не более 1 м и возможности доступа к панели с обеих сторон расстояние от выступающих частей задней стороны панели до стены машинного помещения допускается уменьшить до 0,2 м, а при ширине панели более 1 м или наличии доступа к панели с одной боковой стороны – до 0,5 м.

Панель управления, у которой монтаж и демонтаж электрических аппаратов и подсоединение к ним проводов производятся только с передней стороны, допускается устанавливать вплотную к стене машинного помещения, а также в нишах глубиной не более толщины панели вместе с аппаратурой управления.

2. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2 м по одну сторону прохода, до стены и оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенными по другую сторону прохода, должно быть не менее 0,75 м.

3. Расстояние между неогражденными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2 м на разных сторонах прохода, должно быть не менее 1,2 м.

5.5.11. На щите управления каждого лифта должен быть установлен аппарат, отключающий первичную цепь и цепь управления. В машинном помещении непосредственно у входа должен быть установлен вводный аппарат для снятия напряжения со всей лифтовой установки.

5.5.12. В машинном помещении у входа необходимо предусматривать свободный проход шириной не менее 1 м.

### **Защита**

5.5.13. Защита первичных цепей и цепей управления лифта и группы лифтов должна быть выполнена в соответствии с требованиями Главы 3.1. ПУЭ. Раздел III

Лифты с электромашинными преобразовательными агрегатами должны иметь защиту от длительной перегрузки и от КЗ электродвигателя преобразовательного агрегата.

Допускается не более чем с двух сторон уменьшить до 0,5 м ширину прохода обслуживания электрических машин; со сторон машины, не требующих обслуживания, расстояние не регламентируется.

5.5.10. В машинных помещениях проходы обслуживания должны отвечать следующим требованиям:

1. Ширина (в свету) прохода обслуживания с передней и задней сторон панели управления должна быть не менее 0,75 м. При ширине панели управления не более 1 м и возможности доступа к панели с обеих сторон расстояние от выступающих частей задней стороны панели до стены машинного помещения допускается уменьшить до 0,2 м, а при ширине панели более 1 м или наличии доступа к панели с одной боковой стороны – до 0,5 м.

Панель управления, у которой монтаж и демонтаж электрических аппаратов и подсоединение к ним проводов производятся только с передней стороны, допускается устанавливать вплотную к стене машинного помещения, а также в нишах глубиной не более толщины панели вместе с аппаратурой управления.

2. Расстояние от неогражденных неизолированных токоведущих частей, расположенных на высоте менее 2 м по одну сторону прохода, до стены и оборудования с изолированными или огражденными токоведущими частями, расположенными по другую сторону прохода, должно быть не менее 0,75 м.

3. Расстояние между неогражденными токоведущими частями, расположенными на высоте менее 2 м на разных сторонах прохода, должно быть не менее 1,2 м.

5.5.11. На щите управления каждого лифта должен быть установлен аппарат, отключающий первичную цепь и цепь управления. В машинном помещении непосредственно у входа должен быть установлен вводный аппарат для снятия напряжения со всей лифтовой установки.

5.5.12. В машинном помещении у входа необходимо предусматривать свободный проход шириной не менее 1 м.

## Защита

5.5.13. Защита первичных цепей и цепей управления лифта и группы лифтов должна быть выполнена в соответствии с требованиями Главы 3.1. ПУЭ. Раздел III

Лифты с электромашинными преобразовательными агрегатами должны иметь защиту от длительной перегрузки и от КЗ электродвигателя преобразовательного агрегата.

## Освещение

5.5.14. Кабина и шахта при сплошном ее ограждении для лифтов (подъемников) всех типов, за исключением малых грузовых, а также машинное помещение, помещение верхних блоков, площадки перед дверями, шахты, проходы коридоры, ведущие к лифту, к помещению верхних блоков и к приямку, должны быть оборудованы стационарным электрическим освещением. Питание электрического освещения, кроме освещения кабины, должно производиться от сети внутреннего освещения здания. Освещение глухих шахт подъемников с автоматическими дверями допускается осуществлять путем установки одной лампы на кабине и одной лампы под кабиной подъемника.

Освещенность в шахтах должна составлять не менее 5 лк.

В остекленных или огражденных сетками шахтах выполнение стационарного освещения является необязательным, если наружное освещение обеспечивает достаточную освещенность внутри шахты.

5.5.15. В машинном помещении, в помещении верхних блоков и на крыше кабины должно быть установлено по одной или более розеток для переносной лампы напряжением не выше 42 В.

5.5.16. Лампы освещения кабины и шахты при питании освещения от первичной цепи электродвигателя должны быть включены в сеть до вводного рубильника или автоматического выключателя электродвигателя лифта (подъемника).

При наличии в кабине резервного освещения до 42 В допускается включение основного освещения кабины после вводного рубильника или автоматического выключателя.

5.5.17. Выключатель для включения освещения кабины и шахты должен устанавливаться в машинном помещении. Освещение кабины пассажирского лифта с подвижным полом допускается выполнять так, чтобы оно включалось при открытой двери шахты и отключалось после выхода из кабины всех пассажиров и закрытия дверей шахты. Допускается также использовать для включения освещения кабины переключатель, предназначенный для дистанционного включения лифта в работу, при этом освещение кабины должно включаться одновременно с включением лифта в работу. Этот переключатель должен устанавливаться в запорном шкафу на основном посадочном этаже.

## Заземление

5.5.18. Заземление лифтов (подъемников) должно отвечать требованиям Главы 1.7 ПУЭ. Раздел I, а также следующим требованиям:

1. Заземление электрических машин и аппаратов, установленных на звуко- и виброизолирующих опорах, должно быть выполнено гибким проводом.

2. Для заземления кабины следует использовать одну из жил кабеля или один из проводов токопровода. Рекомендуется использовать в качестве дополнительного заземляющего проводника экранирующие оболочки и несущие тросы кабелей, а также стальные несущие тросы кабины.

3. Металлические направляющие кабины и противовеса, а также металлические конструкции ограждения шахты должны быть заземлены.

### **Установки с бесконтактной аппаратурой управления**

5.5.19. При применении бесконтактной аппаратуры для управления лифтами должны быть соблюдены условия, оговоренные в пунктах 5.5.20–5.5.28 настоящих Правил.

5.5.20. Сложные системы управления группой лифтов должны состоять из отдельных групп блоков управления, при этом:

1) каждый лифт должен управляться отдельной группой блоков, допускающей работу этого лифта независимо от состояния других лифтов и их блоков;

2) должна быть предусмотрена возможность легкого отсоединения блоков лифта без нарушения работы остальных лифтов.

5.5.21. Блоки питания системы управления с логическими элементами должны иметь защиту от КЗ, перегрузок и снижения выходных напряжений с сигнализацией о ее срабатывании. Защита должна быть построена так, чтобы при КЗ, перегрузке или снижении напряжения в одной выходной цепи отключались все выходные цепи блока питания.

5.5.22. Если общая точка системы управления с логическими элементами не заземлена, в блоке питания необходимо предусмотреть контроль замыкания на землю каждой выходной цепи с соответствующей сигнализацией.

5.5.23. Блоки питания должны допускать дистанционное включение и отключение.

5.5.24. Станции управления лифтами, собираемые из отдельных блоков, должны быть снабжены аппаратурой, указывающей прохождение основных сигналов, или гнездами, позволяющими присоединять измерительную аппаратуру для контроля этих сигналов.

5.5.25. Конструкции станций управления и комплектных устройств должны обеспечивать свободный доступ к проводам, кабелям и входным рядам жабмов.

5.5.26. При установке станций управления в шкафах не рекомендуется устанавливать какую-либо аппаратуру, кроме сигнальной, на дверях шкафов.

5.5.27. Цепи кнопок, ключей управления, путевых и конечных выключателей должны быть гальванически разделены. Разделение может быть произведено с помощью входных согласующих элементов или с помощью реле, контакты которых предназначены для работы в цепях с малыми токами.

5.5.28. Цепи напряжением 220 В и выше должны прокладываться отдельно от цепей напряжением ниже 220 В бесконтактных элементов и присоединяться к отдельным, специально выделенным рядам зажимов или разъемным контактными соединителям.

## Глава 5.6 Конденсаторные установки

### Область применения, определения

5.6.1. Настоящая глава Правил распространяется на конденсаторные установки до 500 кВ (вне зависимости от их исполнения), присоединяемые параллельно индуктивным элементам электрических систем переменного тока частотой 50 Гц и предназначенные для компенсации реактивной мощности электроустановок и регулирования напряжения. Глава не распространяется на конденсаторные установки для продольной компенсации, фильтровые и специальные.

Конденсаторные установки напряжением до 1 кВ и выше должны также удовлетворять соответственно требованиям Глав 4.1 и 4.2 ПУЭ. Раздел IV.

5.6.2. Конденсаторной установкой называется электроустановка, состоящая из конденсаторов, относящегося к ним вспомогательного электрооборудования (выключателей, разъединителей, разрядных резисторов, устройств регулирования, защиты и т.п.) и ошиновки.

Конденсаторная установка может состоять из одной или нескольких конденсаторных батарей или из одного или нескольких отдельно установленных единичных конденсаторов, присоединенных к сети через коммутационные аппараты.

5.6.3. Конденсаторной батареей называется группа единичных конденсаторов, электрически соединенных между собой.

5.6.4. Единичным конденсатором называется конструктивное соединение одного или нескольких конденсаторных элементов в общем корпусе с наружными выводами.

Термин «конденсатор» используется тогда, когда нет необходимости подчеркивать различные значения терминов «единичный конденсатор» и «конденсаторная батарея».

5.6.5. Конденсаторным элементом (секцией) называется неделимая часть конденсатора, состоящая из токопроводящих обкладок (электродов), разделенных диэлектриком.

5.6.6. Последовательным рядом при параллельно-последовательном соединении конденсаторов в фазе батареи называется часть батареи, состоящая из параллельно включенных конденсаторов.

### **Схема электрических соединений, выбор оборудования**

5.6.7. Конденсаторные установки могут присоединяться к сети через отдельный аппарат, предназначенный для включения и отключения только конденсаторов, или через общий аппарат с силовым трансформатором, асинхронным электродвигателем или другим электроприемником. Эти схемы могут применяться при любом напряжении конденсаторной установки.

5.6.8. Конденсаторные батареи на напряжение выше 10 кВ собираются из однофазных конденсаторов путем их параллельно-последовательного соединения. Число последовательных рядов конденсаторов выбирается так, чтобы в нормальных режимах работы токовая нагрузка на конденсаторы не превышала номинального значения. Число конденсаторов в ряду должно быть таким, чтобы при отключении одного из них из-за перегорания предохранителя напряжение на оставшихся конденсаторах ряда не превышало 110% номинального.

5.6.9. Конденсаторные батареи на напряжение 10 кВ и ниже должны собираться, как правило, из конденсаторов с номинальным напряжением, равным номинальному напряжению сети. При этом допускается длительная работа единичных конденсаторов с напряжением не более 110% номинального.

5.6.10. В трехфазных батареях однофазные конденсаторы соединяются в треугольник или звезду. Может применяться также последовательное или параллельно-последовательное соединение однофазных конденсаторов в каждой фазе трехфазной батареи.

5.6.11. При выборе выключателя конденсаторной батареи должно учитываться наличие параллельно включенных (например, на общие шины) конденсаторных батарей. При необходимости должны быть выполнены устройства, обеспечивающие снижение толчков тока в момент включения батареи.

5.6.12. Разъединитель конденсаторной батареи должен иметь заземляющие ножи со стороны батареи, заблокированные со своим разъединителем. Разъединители конденсаторной батареи должны быть заблокированы с выключателем батареи.

5.6.13. Конденсаторы должны иметь разрядные устройства.

Единичные конденсаторы для конденсаторных батарей рекомендуется применять со встроенными разрядными резисторами. Допускается установка конденсаторов без встроенных разрядных резисторов, если на выводы единичного конденсатора или последовательного ряда конденсаторов постоянно подключено разрядное устройство. Разрядные устройства могут не устанавливаться на



батареях до 1 кВ, если они присоединены к сети через трансформатор и между батареями и трансформатором отсутствуют коммутационные аппараты.

В качестве разрядных устройств могут применяться:

трансформаторы напряжения или устройства с активно-индуктивным сопротивлением – для конденсаторных установок выше 1 кВ;

устройства с активным или активно-индуктивным сопротивлением – для конденсаторных установок до 1 кВ.

5.6.14. Для достижения наиболее экономичного режима работы электрических сетей с переменным графиком реактивной нагрузки следует применять автоматическое регулирование мощности конденсаторной установки путем включения и отключения ее в целом или отдельных ее частей.

5.6.15. Аппараты и токоведущие части в цепи конденсаторной батареи должны допускать длительное прохождение тока, составляющего 130% номинального тока батареи.

### Защита

5.6.16. Конденсаторные установки в целом должны иметь защиту от токов КЗ, действующую на отключение без выдержки времени. Защита должна быть отстроена от токов включения установки и толчков тока при перенапряжениях.

5.6.17. Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от повышения напряжения, отключающую батарею при повышении действующего значения напряжения сверх допустимого. Отключение установки следует производить с выдержкой времени 3–5 мин. Повторное включение конденсаторной установки допускается после снижения напряжения в сети до номинального значения, но не ранее чем через 5 мин после ее отключения. Защита не требуется, если батарея выбрана с учетом максимально возможного значения напряжения цепи, т. е. так, что при повышении напряжения к единичному конденсатору не может быть длительно приложено напряжение более 110% номинального.

5.6.18. В случаях, когда возможна перегрузка конденсаторов токами высших гармоник, должна быть предусмотрена релейная защита, отключающая конденсаторную установку с выдержкой времени при действующем значении тока для единичных конденсаторов, превышающем 130% номинального.

5.6.19. Для конденсаторной батареи, имеющей две или более параллельные ветви, рекомендуется применять защиту, срабатывающую при нарушении равенства токов ветвей.

5.6.20. На батареях с параллельно-последовательным включением конденсаторов каждый конденсатор выше 1,05 кВ должен быть защищен внешним предохранителем, срабатывающим при пробое конденсатора. Конденсаторы 1,05

кВ и ниже должны иметь встроенные внутрь корпуса плавкие предохранители по одному на каждую секцию, срабатывающие при пробое секции.

5.6.21. На батареях, собранных по схеме электрических соединений с несколькими секциями, должна применяться защита каждой секции от токов КЗ независимо от защиты конденсаторной установки в целом. Такая защита секции необязательна, если каждый единичный конденсатор защищен отдельным внешним или встроенным предохранителем. Защита секции должна обеспечивать ее надежное отключение при наименьших и наибольших значениях тока КЗ в данной точке сети.

5.6.22. Схема электрических соединений конденсаторных батарей и предохранители должны выбираться такими, чтобы повреждение изоляции отдельных конденсаторов не приводило к разрушению их корпусов, повышению напряжения выше длительно допустимого на оставшихся в работе конденсаторах и отключению батареи в целом.

Для защиты конденсаторов выше 1 кВ должны применяться предохранители, ограничивающие значение тока КЗ.

Внешние предохранители конденсаторов должны иметь указатели их перегорания.

5.6.23. Защита конденсаторных установок от грозовых перенапряжений должна предусматриваться в тех случаях и теми же средствами, какие предусмотрены в Главе 4.2 ПУЭ. Раздел IV.

### **Электрические измерения**

5.6.24. Емкости фаз конденсаторной установки должны контролироваться стационарными устройствами измерения тока в каждой фазе.

Для конденсаторных установок мощностью до 400 квар допускается измерение тока только в одной фазе.

5.6.25. Реактивная энергия, выданная в сеть конденсаторами, должна учитываться согласно требованиям Главы 1.5 ПУЭ. Раздел I.

### **Установка конденсаторов**

5.6.26. Конструкция конденсаторной установки должна соответствовать условиям окружающей среды.

5.6.27. Конденсаторные установки с общей массой масла более 600 кг в каждой должны быть расположены в отдельном помещении, отвечающем требованиям огнестойкости, приведенным в пункте 4.2.76 ПУЭ. Раздел IV, с выходом наружу или в общее помещение.

Конденсаторные установки с общей массой масла до 600 кг в каждой, а также конденсаторные установки, состоящие из конденсаторов с негорючей жидкостью, могут размещаться в помещениях РУ до 1 кВ и выше или в основных и вспомогательных помещениях производств, отнесенных к категориям Г и Д по противопожарным требованиям ШНК Пожарная безопасность зданий и сооружений.

5.6.28. При расположении внутри помещения конденсаторной установки выше 1 кВ с общей массой масла более 600 кг под установкой должен быть устроен маслоприемник, рассчитанный на 20% общей массы масла во всех конденсаторах и выполненный в соответствии с требованиями, приведенными в пункте 4.2.101 ПУЭ. Раздел IV. При наружном расположении устройство маслоприемников под конденсаторами не требуется.

5.6.29. Конденсаторные установки, размещенные в общем помещении, должны иметь сетчатые ограждения или защитные кожухи. Должны быть также выполнены устройства, предотвращающие растекание синтетической жидкости по кабельным каналам и полу помещения при нарушении герметичности корпусов конденсаторов и обеспечивающие удаление паров жидкости из помещения.

5.6.30. Расстояние между единичными конденсаторами должно быть не менее 50 мм и должно выбираться по условиям охлаждения конденсаторов и обеспечения изоляционных расстояний.

5.6.31. Указатели перегорания внешних предохранителей конденсатора должны быть доступны для осмотра при работе батареи.

5.6.32. Температура окружающего конденсаторы воздуха не должна выходить за верхний и нижний пределы, установленные государственными стандартами или техническими условиями на конденсаторы соответствующего типа.

Помещение или шкафы конденсаторной установки должны иметь отдельную систему естественной вентиляции; если она не обеспечивает снижения температуры воздуха в помещении до наибольшей допустимой, необходимо применять искусственную вентиляцию.

5.6.33. Для конденсаторов, устанавливаемых на открытом воздухе, должно учитываться наличие солнечного излучения. Конденсаторы на открытом воздухе рекомендуется устанавливать так, чтобы отрицательное воздействие на них солнечной радиации было наименьшим.

5.6.34. Соединение выводов конденсаторов между собой и присоединение их к шинам должны выполняться гибкими перемычками.

5.6.35. Конструкции, на которых устанавливаются конденсаторы, должны выполняться из негорючих материалов. При выборе способа крепления конденсаторов необходимо учитывать тепловое расширение корпуса конденсатора.

5.6.36. При наружной установке расстояния от конденсаторов, заполненных маслом, до другого оборудования, а также противопожарные расстояния от них до зданий и сооружений должны приниматься по пунктам 4.2.67 и 4.2.68 ПУЭ. Раздел IV.

5.6.37. При наружной установке маслонаполненные конденсаторы должны устанавливаться согласно противопожарным требованиям группами мощностью не более 30 МВар каждая. Расстояние в свету между группами одной конденсаторной установки должно быть не менее 4 м, а между группами разных конденсаторных установок – не менее 6 м.

5.6.38. В одном помещении с конденсаторами допускается установка относящихся к ним разрядных резисторов, разъединителей, выключателей нагрузки, малообъемных выключателей и измерительных трансформаторов.

5.6.39. При разделении конденсаторной батареи на части рекомендуется располагать их таким образом, чтобы была обеспечена безопасность работ на каждой из частей при включенных остальных.

5.6.40. На конденсаторной установке должны предусматриваться приспособления для заземления несущих металлических конструкций, которые могут находиться под напряжением при работе установки.

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 18.07.2006 г. № 20-15-143/14)**

**Утверждены  
приказом «Узгосэнергонадзор»  
от 23 июня 2006 г.  
№ 104**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел VI**

## **Раздел VI. Электрическое освещение**

### **Глава 6.1. Общая часть**

#### **Область применения, общие требования**

6.1.1. Настоящий раздел Правил распространяется на установки электрического освещения зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также на рекламное освещение.

При проектировании освещения зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также рекламного освещения должны выполняться требования Курилиш меъёрлари ва Коидалари (далее - КМК) «Естественное и искусственное освещение», «Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов», «Электрооборудование жилых и общественных зданий» и «Электротехнические устройства».

Электрическое освещение специальных установок (жилые и общественные здания, зрелищные предприятия, взрывоопасные и пожароопасные установки), кроме требований настоящего раздела, должно удовлетворять также требованиям соответствующих глав Правил устройства электроустановок (далее - ПУЭ) Раздел VII.

6.1.2. Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсаций освещенности и другие качественные показатели осветительных установок должны приниматься в соответствии с требованиями КМК «Естественное и искусственное освещение» и другими соответствующими нормативными документами.

6.1.3. Для электрического освещения должны применяться газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные высокого давления с исправленной цветностью типов ДРЛ, ДРИ, натриевые, ксеноновые) и лампы накаливания, а так же новые осветительные электроустановки, отвечающие международным стандартам.

6.1.4. В установках с газоразрядными лампами должны быть предусмотрены защитные устройства для снижения радиопомех до значений, указанных в "Нормах допускаемых промышленных радиопомех. Светильники с люминесцентными лампами. Допускаемые

величины. Методы испытаний", а также в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О радиочастотном спектре» и «Правилами пользования радиосвязью в Республике Узбекистан» (рег. №1547 от 21 февраля 2006г. СЗ Республики Узбекистан 2006 №8, ст.59).

6.1.5. Люминесцентные лампы допускается применять для аварийного освещения, если во всех режимах питание осуществляется на переменном токе и температура окружающей среды помещения составляет не менее плюс 5°C.

При использовании для аварийного освещения люминесцентных ламп следует учитывать, что надежность зажигания и горения ламп обеспечивается при напряжении в сети не ниже 90% номинального.

Не допускается применение люминесцентных ламп для аварийного освещения помещений щитов управления оборудованием электростанций и системных подстанций, имеющих по проекту собственные нужды на постоянном токе, если во всех режимах питание осуществляется на переменном токе и в случае не соответствия температуры окружающей среды и напряжения сети заводским техническим параметрам осветительных устройств.

6.1.6. Для освещения производственных помещений следует применять систему комбинированного или одного общего освещения.

Для освещения непромышленных помещений следует, как правило, применять общее равномерное освещение.

6.1.7. Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрале и не выше 220 В переменного тока при изолированной нейтрале и постоянном токе.

Для питания отдельных ламп следует применять, как правило, напряжение не выше 220 В. В помещениях без повышенной опасности указанное напряжение допускается для всех стационарных светильников вне зависимости от высоты их установки.

Для питания специальных ламп (ксеноновых, дугоразрядных ламп (далее ДРЛ), дугоразрядных ртутно - импульсных (далее ДРИ), натриевых, рассчитанных на напряжение 380 В) и пускорегулирующих аппаратов (далее - ПРА) для газоразрядных ламп, имеющих специальные схемы (например, трехфазные, с последовательным соединением ламп), допускается использовать напряжение выше 220 В, но не выше

380 В, в том числе фазное напряжение системы 660/380 В с заземленной нейтралью при соблюдении следующих условий:

1. Ввод в светильник и пускорегулирующий аппарат следует выполнять проводами или кабелем с медными жилами и с изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 660 В.

2. Должно обеспечиваться одновременное отключение всех фазных проводов, вводимых в светильник. Это требование распространяется также на все случаи, когда, в многоламповый светильник с лампами любых типов вводятся провода нескольких фаз системы 380/ 220 В, за исключением светильников, устанавливаемых в помещениях без повышенной опасности.

3. В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на светильники должны быть нанесены хорошо различимые отличительные знаки с указанием применяемого напряжения («380 В»).

4. Ввод в светильник двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В запрещается.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения с лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ и натриевыми над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м необходимо применять светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без применения инструмента (отвертки, плоскогубцев, гаечного или специального ключа и др.), с вводом в светильник подводящей электропроводки в металлических трубах, металлорукавах или защитных оболочек кабелей и защищенных проводов либо использовать для питания светильников с лампами накаливания напряжением не выше 42 В. Это требование не распространяется на светильники в электропомещениях, а также на светильники, обслуживаемые с кранов или площадок, посещаемых только квалифицированным персоналом. При этом расстояние от светильников до настила моста крана должно быть не менее 1,8 м или светильники должны быть подвешены не ниже нижнего пояса ферм перекрытия, а обслуживание этих светильников с крана должно выполняться с соблюдением требований техники безопасности.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127-220 В допускается устанавливать на высоте менее 2,5 м от пола при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений.



6.1.8. Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения: в помещениях без повышенной опасности — не выше 220 В и в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 42 В.

Допускается, как исключение, применение напряжения до 220 В для светильников специальной конструкции: являющихся составной частью аварийного освещения, присоединенного к независимому источнику питания; устанавливаемых в помещениях с повышенной опасностью (но не особо опасных).

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127-220 В допускается применять для местного освещения при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений.

В помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции.

6.1.9. Для питания ручных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 42 В.

При наличии особо неблагоприятных условий, а именно, когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах), для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

Переносные светильники, предназначенные для подвешивания, настольные, напольные и т. п. приравниваются при выборе напряжения к светильникам местного стационарного освещения.

6.1.10. При расчете потерь напряжения в осветительных сетях следует

руководствоваться нижеследующим:

1. Отклонение напряжения в осветительных сетях следует принимать в соответствии с требованиями государственного стандарта «Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения».

2. В сетях 12—42 В допускаются потери напряжения до 10%, считая от выводов источников питания.

6.1.11. Для обеспечения надежной работы газоразрядных ламп напряжение на них даже в послеаварийных режимах не должно быть ниже 90% номинального.

6.1.12. Совместная подвеска проводных (кабельных) линий, рекламных и иных объектов на опорах освещения должна выполняться в соответствии с техническими условиями, требованиями настоящих Правил и при наличии согласия владельца линии.

### **Питание аварийного и эксплуатационного освещения**

6.1.13. Светильники рабочего освещения и светильники аварийного освещения в производственных и общественных зданиях и в зонах работы на открытых пространствах должны питаться от разных независимых источников. Допускается питание рабочего и аварийного освещения выполнять от разных трансформаторов одной двухтрансформаторной подстанции при питании трансформаторов от разных независимых источников. В общественных зданиях при отсутствии независимых источников питание светильников аварийного освещения допускается осуществлять от трансформатора, не используемого для питания рабочего освещения.

Светильники эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением, а также светильники эвакуационного освещения в общественных и жилых зданиях (независимо от наличия или отсутствия в них естественного освещения) должны быть присоединены к сети, не зависящей от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции (распределительного пункта освещения), или при наличии только одного ввода (в здание или в зону работы на открытом пространстве), начиная от этого ввода (исключение см. пункт 7.2.23 ПУЭ. Раздел VII).

Светильники эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения должны быть присоединены к отдельному независимому источнику питания или автоматически на него переключаться, если в нормальном режиме питание эвакуационного освещения предусматривается от источника, используемого для рабочего освещения.

В производственных зданиях без естественного освещения в помещениях, где может одновременно находиться 100 и более человек, независимо от наличия аварийного освещения должно

предусматриваться эвакуационное освещение по основным проходам. переключаемое при прекращении его питания на независимый внешний или местный (аккумуляторная батарея, двигатель-генераторная установка) источник, не используемый в нормальном режиме для питания рабочего, аварийного и эвакуационного освещения.

Не допускается использование электросиловых сетей для питания общего рабочего, аварийного и эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения.

Световые указатели эвакуационных или запасных выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания, в нормальном режиме могут питаться от сетей любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования здания.

6.1.14. Для помещений, в которых постоянно находится обслуживающий персонал или которые предназначены для постоянного прохода персонала или посторонних лиц, должна быть обеспечена возможность включения аварийного и эвакуационного освещения в течение всего времени, когда включено рабочее освещение, или аварийное и эвакуационное освещение должно включаться автоматически при аварийном погасании рабочего освещения.

6.1.15. При технической нецелесообразности питания аварийного и эвакуационного освещения в соответствии с пунктом 6.1.13 настоящих Правил вместо устройства аварийного стационарного и эвакуационного освещения допускается применение ручных световых приборов с аккумуляторами или сухими элементами.

### **Выполнение и защита осветительных сетей**

6.1.16. Осветительные сети должны быть выполнены в соответствии с требованиями гл. 2.1—2.4, а также дополнительными требованиями, приведенными в пунктах 6.3.2, 6.3.18—6.3.22 и 6.4.12 настоящих Правил.

6.1.17. В отступление от требований Главы 2.1 ПУЭ. Раздел II разрешается прокладка групповых линий рабочего освещения совместно с групповыми линиями аварийного и эвакуационного освещения проводами и кабелями с изоляцией на напряжение не ниже 660 В:

1. В одном коробе, используемом для установки светильников с люминесцентными лампами, при условии, что исключается

возможность соприкосновения проводов рабочего освещения с проводами аварийного и эвакуационного освещения.

2. В корпусах светильников, конструкция которых предусматривает возможность прокладки питающих проводов, при условии, что исключена возможность соприкосновения проводов рабочего освещения с проводами аварийного и эвакуационного освещения.

3. При креплении проводов или кабелей к общему тросу. При этом расстояние в свету между проводами или кабелями рабочего освещения и проводами или кабелями аварийного и эвакуационного освещения должно быть не менее 20 мм.

Питание светильников рабочего освещения и аварийного или эвакуационного освещения допускается осуществлять от разных фаз одного осветительного шинопровода при условии подвода к шинопроводу самостоятельных линий питания рабочего освещения и аварийного или эвакуационного освещения.

6.1.18. Защита осветительных сетей должна выполняться в соответствии с требованиями Главы 3.1 ПУЭ. Раздел III с дополнениями, приведенными в пунктах 6.2.2, 6.2.6, 6.2.7, 6.3.5, 6.4.10 и 6.4.11 настоящих Правил.

При выборе токов аппаратов защиты должны учитываться пусковые токи мощных ламп в соответствии с требованиями заводов -- изготовителей.

Аппараты защиты следует располагать по возможности группами в доступных для обслуживания местах. Рассредоточенная установка аппаратов защиты допускается при питании освещения от распределительных магистралей.

6.1.19. Установка предохранителей, автоматических выключателей и выключателей в нулевых рабочих проводниках запрещается (исключение см. Главу 7.3 ПУЭ. Раздел VII).

## **Заземление**

6.1.20. Заземление установок электрического освещения должны выполняться в соответствии с требованиями Главы 1.7 ПУЭ. Раздел I, а также дополнительными требованиями, приведенными в пунктах 6.3.8, 6.3.20, 6.4.9, 6.5.4, 6.5.16, 6.5.23 настоящих Правил и в Главах 7.1—7.3 ПУЭ. Раздел VII.

6.1.21. Заземление корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными со встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами следует осуществлять:

1. В сетях с заземленной нейтралью: при вводе в светильник кабеля, защищенного провода, незащищенных проводов в трубе или металлорукаве или скрыто без труб (в отступление от Главы 1.7 ПУЭ). Раздел I) — ответвлением от N (нулевого рабочего) проводника внутри светильника; при вводе в светильник открытых незащищенных проводов — гибким изолированным проводом, присоединяемым к заземляющему винту корпуса светильника и к N проводу у ближайшей к светильнику неподвижной опоры или коробки.

Эти требования распространяются также на подводу РЕ (нулевого защитного) проводника к нулевым защитным контактам двухполюсных розеток, за исключением устанавливаемых в медицинских лечебных заведениях для электромедицинских аппаратов и в кухнях квартир, гостиниц, общежитий для электробытовых приборов, к защитным контактам которых от группового щитка должен прокладываться самостоятельный РЕ проводник.

2. В сетях с изолированной нейтралью при любых способах ввода проводов и кабелей в светильник — гибким проводом, присоединенным к заземляющему винту корпуса светильника и заземляющему проводнику.

6.1.22. Заземление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, натриевыми и люминесцентными с вынесенными пускорегулирующими аппаратами допускается осуществлять при помощи переключки между заземляющим винтом заземленного пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника.

6.1.23. Металлические отражатели светильников, укрепленные на корпусах из изолирующих материалов, заземлять не требуется.

6.1.24. Заземление корпусов светильников местного освещения на напряжение выше 42 В должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Если между кронштейном и корпусом светильника нет надежного электрического соединения, то оно должно быть осуществлено при помощи специально предназначенного для этой цели защитного проводника.

2. Если заземляющие провода присоединяются не к корпусу светильника, а к металлической конструкции, на которой светильник

установлен, то между этой конструкцией, кронштейном и корпусом светильника должно быть надежное электрическое соединение.

6.1.25. Заземление корпусов переносных светильников на напряжение выше 42 В должно осуществляться посредством специальной жилы гибкого кабеля, которая не должна одновременно служить для подвода рабочего тока.

Указанная жила должна присоединяться самостоятельно к защитному контакту розетки.

6.1.26. Светильники наружного освещения, установленные на железобетонных и металлических опорах, должны быть заземлены в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью. Светильники наружного освещения, установленные на деревянных опорах, не имеющих заземляющих спусков или кабельных муфт, заземлению не подлежат.

## **Глава 6.2. Внутреннее освещение**

6.2.1. Коэффициент спроса для расчета групповой сети освещения здания и всех звеньев сети аварийного освещения следует принимать равным 1,0.

6.2.2. Групповые линии сетей внутреннего освещения должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями на рабочий ток не более 25 А.

В дополнении Главы 3.1 ПУЭ. Раздел III групповые линии, питающие газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и более, лампы накаливания до 42 В любой мощности и лампы накаливания выше 42 В единичной мощностью 500 Вт и более допускается защищать плавкими вставками предохранителей или расцепителями автоматических выключателей на ток до 63 А. При этом ответвления от этих линий длиной до 3 м при любом способе прокладки и любой длины при прокладке в стальных трубах допускается не защищать аппаратами защиты.

Ток аппаратов защиты групповых линий, питающих лампы мощностью 10 кВт и более, должен соответствовать току ламп.

6.2.3. Каждая групповая линия, как правило, должна содержать на фазу не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ, натриевых; в это число включаются также розетки, а для новых осветительных устройств

указанные выше параметры должны соответствовать требованиям заводов - изготовителей.

Для групповых линий, питающих световые карнизы, панели и т. п., а также светильники с люминесцентными лампами допускается присоединять до 50 ламп на фазу; для линий, питающих многоламповые люстры, число ламп на фазу не ограничивается.

В жилых и общественных зданиях на однофазные группы освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков допускается присоединять до 60 ламп накаливания каждая мощностью до 60 Вт.

В групповых линиях, питающих лампы мощностью 10 кВт и больше, на каждую фазу должно присоединяться не более одной лампы.

6.2.4. Люминесцентные лампы должны применяться с пускорегулирующими аппаратами, обеспечивающими коэффициент мощности не ниже 0,9. Для ламп ДРЛ, ДРИ и натриевых применима как групповая, так и индивидуальная компенсация реактивной мощности.

6.2.5. В осветительных сетях с газоразрядными лампами должны быть предусмотрены устройства для подавления радиопомех в соответствии с "Нормами допускаемых промышленных радиопомех. Светильники с люминесцентными лампами. Допускаемые величины. Методы испытаний", а также другими соответствующими нормативными актами Узбекского агентства связи и информатизации.

6.2.6. Питание светильника местного освещения без понизительного трансформатора допускается осуществлять при помощи ответвления от главных электрических цепей механизма или станка, обслуживаемого этим светильником. При этом, если номинальный ток плавкой вставки или расцепителя аппарата защиты главных цепей составляет не более 25 А, установка отдельного аппарата защиты для осветительной цепи необязательна.

6.2.7. Трансформаторы, питающие светильники 42 В и ниже, должны быть защищены со стороны высшего напряжения аппаратами защиты с номинальным током, по возможности близким к номинальному току трансформатора. Защита должна быть предусмотрена также на линиях, отходящих со стороны низшего напряжения.

Если трансформаторы питаются отдельными групповыми линиями, то при питании одной линией не более трех трансформаторов установка аппаратов защиты со стороны высшего напряжения каждого трансформатора необязательна.

6.2.8. Сечение нулевых рабочих проводников трехфазных питающих и групповых сетей с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ и натриевыми, а так же для новых осветительных электроустановок должно выбираться:

1. Для участков сети, по которым проходит ток от ламп с компенсированными пускорегулировочными аппаратами, — по рабочему току наиболее нагруженной фазы. При этом для линий со смешанной нагрузкой (лампы накаливания и газоразрядные лампы) необходимое сечение нулевых рабочих проводников следует определять из суммы 90% рабочего тока газоразрядных ламп и 30% тока ламп накаливания для той фазы, в которой эта сумма имеет наибольшее значение.

2. Для участков сети, по которым проходит ток от ламп с некомпенсированными пускорегулировочными аппаратами – близким к 50% сечения фазного провода.

6.2.9. Электропроводка к светильникам местного освещения выше 42 В должна выполняться в пределах рабочего места в трубах или гибких рукавах.

### **Глава 6.3. Наружное освещение**

6.3.1. При тросовом подвесе светильники должны устанавливаться на высоте не менее 6,5 м над проезжей частью.

При установке светильников уличного освещения над контактной сетью трамвая высота подвеса светильников должна быть не менее 8 м от уровня головки рельса, при расположении светильников над контактной сетью троллейбуса — не менее 9 м от уровня проезжей части. Расстояния по вертикали от проводов линий уличного освещения до поперечин контактной сети при наиболее неблагоприятных условиях должны быть не менее 0,5 м.

При освещении бульваров и пешеходных дорог светильниками допускается устанавливать их на высоте не менее 3 м.

Наименьшая высота установки светильников в парапетах мостов, путепроводов, на газонах для декоративного освещения и т. п. не ограничивается, если доступ к лампам возможен только с применением инструмента.

6.3.2. Коэффициент спроса для расчета сети наружного освещения следует принимать равным единице.



6.3.3. В сетях уличного освещения и наружного освещения промышленных предприятий необходимость компенсации реактивной мощности и выбор вида компенсации — групповая или индивидуальная для каждого светильника — решается технико-экономическим расчетом. При групповой компенсации рекомендуется обеспечивать возможность отключения компенсирующих устройств одновременно с отключением компенсируемых ими установок.

6.3.4. В сетях наружного освещения, если аппарат защиты обслуживания более 20 светильников на фазу, ответвления к светильникам должны защищаться индивидуальными предохранителями или автоматическими выключателями.

На ответвлениях от кабельного ввода к светильникам в цоколе каждой опоры рекомендуется устанавливать предохранители или автоматические выключатели, конструктивное выполнение которых должно обеспечивать безопасное их обслуживание.

6.3.5. Охранное освещение должно питаться, как правило, по самостоятельным линиям.

6.3.6. Светильники, установленные у входов в здания, рекомендуется присоединять к групповой сети внутреннего освещения и в первую очередь к той части сети аварийного освещения, которая постоянно включается с рабочим освещением.

6.3.7. Питание наружного освещения должно производиться непосредственно от трансформаторных подстанций, или от вводов осветительной сети в здания при условии соблюдения в последнем случае требования пункта 6.3.13 настоящих Правил.

6.3.8. Светильники уличного освещения и наружного освещения промышленных предприятий допускается присоединять к самостоятельным проводам или к специально предназначенным для этого фазным и общему нулевому рабочему проводам электрической сети города (промышленного предприятия).

6.3.9. Ответвления к светильникам от кабельных распределительных линий уличного освещения и наружного освещения промышленных предприятий рекомендуется, как правило, выполнять без разрезания жил кабеля.

6.3.10. В цепях резервирования кабельных распределительных линий между крайними светильниками соседних участков для магистральных улиц городов рекомендуется предусматривать нормально отключенные перемычки (резервные кабельные линии).

6.3.11. Устройство линий уличного освещения может выполняться в кабельном (в земле) или воздушном (на тросу) варианте, а так же голым или изолированным проводом на опорах, либо самонесущим и изолированным проводом (далее СИП ВЛИ). Выбор варианта вида линии определяется технико-экономическим расчетом. Для городских условий с высокой плотностью застройки, наличием большого количества насаждений, затрудняющих условия эксплуатации ВЛ рекомендовано применение СИП ВЛИ.

6.3.12. Воздушные распределительные линии наружного освещения должны выполняться без учета резервирования, а провода их могут быть разного сечения по длине линий.

6.3.13. Наружное освещение должно управляться независимо от внутреннего освещения. Система управления наружным освещением должна обеспечивать его отключение в течение не более 3 мин из возможно ограниченного числа мест.

6.3.14. Устройства уличного освещения в городах следует оборудовать централизованным дистанционным управлением или телеуправлением, при этом в пункте управления должен быть предусмотрен контроль состояния освещения. Дистанционное управление может осуществляться по проводам, кабельным, оптоволоконным линиям и радиоканалам.

6.3.15. Устройства автоматического управления должны обеспечивать включение и отключение уличного освещения в зависимости от уровня естественной освещенности или по заданному времени (графику).

6.3.16. Централизованное управление уличным освещением, а также остальными видами наружного освещения, если оно предусматривается, должно в случае выхода из строя основного пункта управления обеспечивать возможность отключения освещения из ограниченного количества мест.

6.3.17. Для магистральных улиц, скоростных дорог, открытых пространств, улиц районного значения и жилых массивов следует предусматривать возможность отключения части светильников в ночное время, а так же управление и контроль каждым отдельным светильником.

6.3.18. При кабельной разводке сети наружного освещения ввод кабеля в опоры должен ограждаться цоколем опоры. Цоколи должны иметь размеры, достаточные для размещения в них кабельных разделок

и предохранителей или автоматических выключателей устанавливаемых на ответвлениях к светильникам, и дверцу с замком для эксплуатационного обслуживания.

6.3.19. На металлических и железобетонных опорах контактной сети электротранспорта всех видов тока напряжением до 600 В разрешается установка светильников и прожекторов и прокладка по опорам осветительной сети.

6.3.20. При питании прожекторов, установленных на металлических или железобетонных мачтах, воздушными линиями или кабельными линиями, проложенными в каналах, для защиты питающей линии от грозовых перенапряжений подход ее к мачте должен выполняться кабелем с заземленной металлической оболочкой или в металлической трубе, проложенным в земле на протяжении не менее 10 м.

6.3.21. Опоры для светильников уличного освещения следует располагать на тротуарах или разделительных и зеленых полосах на расстоянии не менее 0,6 м от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности опоры (или ее цоколя). Это расстояние на жилых улицах может быть уменьшено до 0,3 м. На территориях промышленных предприятий расстояние от опоры наружного освещения до проезжей части дороги рекомендуется принимать не менее 1м, но оно должно быть не менее 0,6м.

6.3.22. При устройстве воздушных сетей наружного освещения необходимо руководствоваться следующим:

1. В местах пересечений линий с улицами и дорогами при расстоянии между опорами до 40 м допускается не применять анкерные опоры и двойное крепление проводов.

2. Опоры должны быть рассчитаны на механическую прочность так же, как и опоры ВЛ напряжением до 1 кВ (см. Главу 2.4 ПУЭ. Раздел II). Опоры, не несущие проводов, должны быть проверены на нагрузку от собственного веса опор и воздействия ветра.

3. Минимальные сечения проводов и расстояния от проводов до поверхности земли должны приниматься по Главе 2.4 ПУЭ. Раздел II.

## **Глава 6.4. Рекламное освещение**

6.4.1. Для питания газосветных трубок должны применяться сухие трансформаторы в металлическом кожухе, имеющие вторичное напряжение не выше 13 кВ. Вторичная обмотка этих трансформаторов

должна продолжительное время выдерживать КЗ. Трансформаторы должны соответствовать действующим стандартам или техническим условиям.

Открытые токоведущие части открыто установленных трансформаторов должны быть удалены от сгораемых материалов и конструкций не менее чем на 50 мм.

6.4.2. Трансформаторы для питания газосветных трубок должны быть установлены по возможности в непосредственной близости от питаемых ими трубок в местах, недоступных для посторонних лиц, или в металлических ящиках, сконструированных таким образом, чтобы при открытии ящика трансформатор отключался со стороны первичного напряжения. Рекомендуется использование указанных ящиков в качестве конструктивной части самих трансформаторов.

6.4.3. В общем ящике с трансформатором допускается установка блокировочных и компенсирующих устройств, а также аппаратов первичного напряжения (например, предохранителей) при условии надежного автоматического отключения трансформатора от сети при помощи блокировочного устройства, действующего при открытии ящика.

6.4.4. Магазинные и подобные им витрины, в которых смонтированы части высшего напряжения газосветных установок, должны быть оборудованы блокировкой, действующей только на отключение установки со стороны первичного напряжения при открывании витрин, т. е. подача напряжения на установку должна осуществляться персоналом вручную при закрытой витрине.

6.4.5. Все части газосветной установки, расположенные вне витрин, снабженных блокировкой, должны находиться на высоте не менее 3 м над уровнем земли и не менее 0,5 м над поверхностями площадок обслуживания, крыш и других строительных конструкций.

6.4.6. Доступные для посторонних лиц и находящиеся под напряжением части газосветной установки должны быть ограждены в соответствии с Главой 4.2 ПУЭ. Раздел IV и снабжены предупредительными плакатами.

6.4.7. Открытые токоведущие части газосветных трубок должны отстоять от металлических конструкций или частей зданий на расстоянии не менее 20 мм, а изолированные части — не менее 10 мм.

6.4.8. Расстояние между открытыми токоведущими частями газосветных трубок, не находящимися под одинаковым потенциалом, должно быть не менее 50 мм.

6.4.9. Металлические нетоковедущие части газосветной установки на стороне высшего напряжения, а также один из выводов или средняя точка вторичной обмотки трансформаторов, питающих газосветные трубки, должны быть заземлены.

6.4.10. Трансформаторы или группы трансформаторов, питающие газосветные трубки, должны отключаться со стороны первичного напряжения на всех полюсах аппаратом с видимым разрывом, а также защищаться аппаратом, рассчитанным на номинальный ток трансформатора. Для отключения трансформаторов допускается применять пакетные выключатели с фиксированным положением рукоятки (головки).

6.4.11. Установка предохранителей, а также розеток с предохранителями внутри магазинных витрин запрещается.

6.4.12. Сеть на стороне высшего напряжения установок рекламного освещения должна выполняться изолированными проводами, имеющими испытательное напряжение не менее 15 кВ. В местах, доступных для механических воздействий или прикосновения, эти провода следует прокладывать в стальных трубах, коробах и других механически прочных несгораемых конструкциях.

Для перемычек между отдельными электродами, имеющих длину не более 40 см, допускается применение неизолированных проводов при соблюдении расстояний, приведенных в пункте 6.4.7 настоящих Правил.

## **Глава 6.5. Осветительная арматура, установочные аппараты Осветительная арматура и патроны**

6.5.1. Конструкция и вид исполнения светильников должны соответствовать номинальному напряжению сети и условиям окружающей среды.

6.5.2. Светильники следует располагать по возможности в местах, удобных и безопасных для обслуживания.

6.5.3. Светильники, применяемые в установках, подверженных вибрациям и сотрясениям, должны иметь конструкцию, не допускающую самоотвинчивания или выпадения ламп.

6.5.4. Винтовые токоведущие гильзы патронов для ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ и натриевых в сетях с глухозаземленной нейтралью должны быть присоединены к нулевому, а не к фазному проводнику. Это требование не распространяется на переносные электроприемники и светильники (напольные, настенные), не требующие заземления и зануления (присоединяемые втычным соединителем).

Если патрон имеет нетоковедущую винтовую гильзу, нулевой рабочий проводник может присоединяться к любому контакту патрона.

6.5.5. Электроды газосветных трубок в местах присоединения проводов должны быть установлены без натяжения.

6.5.6. Патроны независимо от напряжения, на которое они рассчитаны, должны иметь такую конструкцию, чтобы токоведущие части лампы были недоступны для прикосновения, а при ввертывании лампы ее цоколь мог оказаться под напряжением сети только после того, как прикосновение к нему будет невозможно.

6.5.7. В магазинных витринах допускается применение патронов с лампами накаливания мощностью не более 100 Вт при условии установки их на основаниях, выполненных из несгораемых материалов. Допускается установка патронов на сгораемых, например деревянных, основаниях, обшитых листовой сталью по асбесту.

6.5.8. Проводники должны вводиться в осветительную арматуру так, чтобы в месте ввода они не подвергались механическим повреждениям, а контакты патронов были разгружены от механических усилий.

6.5.9. Соединение проводников внутри кронштейнов или труб, при помощи которых устанавливается арматура, запрещается.

6.5.10. Приспособления (конструкции) для крепления светильников должны быть рассчитаны на нагрузку, определяемую правилами производства и приемки работ в части электротехнических устройств, а также КМК «Электротехнические устройства» и «Электрооборудование жилых и общественных зданий».

6.5.11. Осветительную арматуру допускается подвешивать непосредственно на питающих ее проводах при условии, что они предназначены для этой цели и изготавливаются по специальным техническим условиям.

6.5.12. Для зарядки осветительной арматуры общего освещения должны применяться провода с медными жилами сечением не менее 0,5 мм<sup>2</sup> внутри зданий и 1 мм<sup>2</sup> вне зданий.

Зарядка арматуры общего освещения должна производиться проводами, изоляция которых соответствует номинальному напряжению сети.

6.5.13. Для присоединения к сети настольных, ручных или переносных светильников, а также светильников местного освещения, подвешиваемых на шнурах и проводах, должны применяться гибкие шнуры (провода) с медными жилами сечением не менее  $0,35 \text{ мм}^2$  в бытовых электроустановках и не менее  $0,75 \text{ мм}^2$  в промышленных электроустановках.

6.5.14. Для зарядки стационарной осветительной арматуры местного освещения должны применяться гибкие провода с медными жилами сечением не менее  $1 \text{ мм}^2$  для подвижных конструкций и  $0,5 \text{ мм}^2$  для неподвижных. Изоляция проводов должна соответствовать номинальному напряжению сети.

6.5.15. Зарядка осветительной арматуры местного освещения должна соответствовать следующим требованиям:

1. Провода необходимо заводить внутрь кронштейна или защищать иным путем от механических повреждений; при напряжении не выше 42 В это требование не является обязательным.

2. При наличии шарниров провода (внутри шарнирных частей не должны подвергаться натяжению или перетиранию).

3. Отверстия для проводов в кронштейнах должны иметь диаметр не менее 8 мм с допуском местных сужений до 6 мм, в местах вводов проводов должны применяться изолирующие втулки.

4. В подвижных конструкциях осветительных арматур должна быть исключена возможность самопроизвольного перемещения или раскачивания арматуры.

6.5.16. Металлические корпуса арматур должны быть снабжены специальными винтами диаметром не менее 4 мм для присоединения к заземляющей сети.

### **Установочные аппараты**

6.5.17. Требования, приведенные в пунктах 6.5.18—6.5.28 настоящих Правил, распространяются на аппараты (выключатели, переключатели и втычные соединители) для номинального тока до 10 А и напряжения до 250 В, а также на втычные соединители с заземляющим или нулевым

инициальным контактом для номинального тока до 63 А и напряжения до 100 В.

6.5.18. Аппараты, предназначенные для взрывоопасных зон, должны соответствовать требованиям Главы 7.3 ПУЭ. Раздел VII, для пожароопасных зон — Главы 7.4 ПУЭ. Раздел VII.

6.5.19. Аппараты, устанавливаемые вне зданий, в помещениях сырых, особо сырых, пыльных и помещениях со средой, вредно действующей на контакты, должны быть защищены от воздействия среды или иметь исполнение, соответствующее условиям окружающей среды.

6.5.20. Аппараты, устанавливаемые скрыто, должны быть заключены в коробки или специальные кожухи.

6.5.21. Аппараты, применяемые при открытой электропроводке, должны устанавливаться на подкладках из непроводящего материала толщиной не менее 10 мм. Эти подкладки могут являться конструктивными частями аппаратов.

6.5.22. Аппараты, предназначенные для стационарной установки, должны иметь контактные зажимы для присоединения к ним проводов с медными и алюминиевыми жилами.

6.5.23. Розетки для переносных электроприемников с частями, подлежащими заземлению, должны быть снабжены защитным контактом для присоединения заземляющего проводника. При этом конструкция втычного соединителя должна исключать возможность использования токоведущих контактов в качестве контактов, предназначенных для заземления.

Соединение между заземляющими контактами вилки и розетки должно устанавливаться до того, как войдут в соприкосновение токоведущие контакты; порядок отключения должен быть обратным. Заземляющие контакты втычного соединителя должны быть электрически соединены с их корпусами, если эти корпуса выполнены из металла.

6.5.24. Вилки втычных соединителей должны быть выполнены так, чтобы их нельзя было включить в розетки с более высоким номинальным напряжением, чем номинальное напряжение вилки. Конструкции розеток и вилок должны обеспечивать невозможность включения в розетку только одного полюса двухполюсной вилки, а также одного или двух полюсов трехполюсной вилки.



6.5.25. Вилки втычных соединителей должны иметь такую конструкцию, чтобы присоединяемые к ним переносные провода в местах присоединения не подвергались натяжению или излому.

6.5.26. Выключатели и переключатели переносных электроприемников должны, как правило, устанавливаться на самих электроприемниках или в электропроводке, проложенной неподвижно. На подвижных проводах допускается устанавливать только выключатели специальной конструкции, предназначенной для этой цели.

6.5.27. В двухпроводных линиях четырехпроводных систем с заземленной нейтралью, однополюсные выключатели должны устанавливаться в цепи фазного провода.

6.5.28. В двухпроводных групповых линиях сетей с изолированной нейтралью или без нейтрали при напряжении выше 42 В, а также в двухпроводных двухфазных групповых линиях в сети 220/127 В с заземленной нейтралью в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должны устанавливаться двухполюсные выключатели.

**Государственная инспекция по надзору в электроэнергетике  
«УЗГОСЭНЕРГОНАДЗОР»**

**Министерством юстиции  
Республики Узбекистан  
отнесены к техническим документам  
(письмо от 18.07.2006 г. № 20-15-143/14)**

**Утверждены  
приказом «Узгосэнергонадзор»  
от 23 июня 2006 г.  
№ 105**

**ПРАВИЛА  
УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Раздел VII**

### Электрооборудование специальных установок

#### Глава 7.1. Электрооборудование жилых и общественных зданий

##### Область применения, определения

7.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на электрооборудование жилых зданий, перечисленных в КМК «Жилые здания. Нормы проектирования». Нормы проектирования, общественных зданий, перечисленных в КМК «Общественные здания и сооружения. Нормы проектирования. Общая часть», а также на электрооборудование клубных учреждений, зрелищных предприятий и крытых спортивных зданий и сооружений с количеством мест в зрительном зале менее 300, вспомогательных, зданий и помещений промышленных предприятий.

Требования настоящей Главы не распространяются на специальные электроустановки в лечебно-профилактических учреждениях, организациях и учреждениях науки и научного обслуживания, учреждениях культуры, систем диспетчеризации и связи, а также на электроустановки, которые по своему характеру должны быть отнесены к электроустановкам промышленных предприятий (мастерские, котельные, тепловые пункты, насосные, фабрики-прачечные, фабрики химчистки и т.п.).

К электрооборудованию уникальных жилых и общественных зданий могут быть предъявлены дополнительные требования.

7.1.2. Электрооборудование жилых и общественных зданий кроме требований настоящей Главы должно удовлетворять требованиям других разделов и глав ПУЭ в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

7.1.3. Вводным устройством (далее - ВУ) называется совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть.

Вводно - распределительным устройством (далее - ВРУ) называется совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть, а также на отходящих от ВРУ линиях.

7.1.4. Главным распределительным щитом (далее - ГРЩ) называется распределительный щит, через который производится снабжение электроэнергией всего здания или его обособленной части. Роль ГРЩ может выполнять ВРУ или щит низшего напряжения подстанции.

7.1.5. Вторичным распределительным щитом (далее - ВРЩ) называется распределительный щит, получающий электроэнергию от ГРЩ или ВРУ и распределяющий ее по групповым щиткам и распределительным пунктам здания.

7.1.6. Распределительным пунктом, групповым щитком называются пункт щиток, на которых установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты отдельных электроприемников или их групп (электродвигателей, светильников).

7.1.7. Квартирным щитком называется групповой щиток, установленный на лестничной клетке, в холлах, поэтажных коридорах или в квартирах жилых зданий и предназначенный для присоединения групповых сетей квартир.

7.1.8. Этажным щитком называется групповой щиток, установленный на этажах и предназначенный для питания квартирных щитков. Этажный щиток устанавливается на лестничной клетке, в холле или в коридоре на этаже.

7.1.9. Щитовым помещением называется запирающееся помещение, доступное только для обслуживающего персонала, в котором устанавливаются ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ и т.п.

7.1.10. Питающей сетью называется сеть от распределительного устройства подстанции или ответвление от линии электропередачи до ВРУ, а также от ВРУ до ГРЩ и ВРЩ и до распределительных пунктов или групповых щитков.

7.1.11. Групповой сетью называется сеть, питающая светильники и розетки.

7.1.12. Распределительной сетью называется сеть, питающая силовые электроприемники.

### **Общие требования**

7.1.13. Питание электроприемников должно предусматриваться от сети напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью. В обоснованных случаях допускается питание от сети выше 380/220 В с глухозаземленной нейтралью.

7.1.14. Электрические сети зданий должны обеспечивать в необходимых случаях возможность питания освещения рекламного, витрин, фасадов, иллюминационного, наружного, противопожарных устройств, систем диспетчеризации, световых указателей, звуковой и другой сигнализации, а также питание огней светового ограждения.

### **Трансформаторные подстанции**

7.1.15. В жилых зданиях (квартирных домах и общежитиях), спальнях корпусов больничных учреждений, санаторно-курортных учреждений, домов отдыха, учреждений социального обеспечения, а также в учреждениях для матерей и детей, в общеобразовательных школах, и учреждениях по воспитанию детей, в учебных заведениях по подготовке и повышению квалификации рабочих

и других работников, средних специальных учебных заведениях и т. п. сооружение встроенных и пристроенных подстанций не допускается. В других помещениях общественных зданий разрешается размещать встроенные и пристроенные подстанции при соблюдении требований Главы 4.2. Правил устройства электроустановок. (далее - ПУЭ) Раздел IV. В этих помещениях трансформаторы должны быть установлены на амортизаторах.

7.1.16. Распределительные устройства до 1 кВ и выше следует, как правило, размещать в разных помещениях. В этом случае помещения распределительных устройств (далее РУ) до 1 кВ и выше должны иметь отдельные запирающиеся входы. Допускается размещение РУ до 1 кВ и выше в одном помещении, если они эксплуатируются одной организацией.

Требование о размещении РУ до 1 кВ и выше в отдельных помещениях не распространяется на комплектные трансформаторные подстанции (далее КТП). Высоковольтная часть КТП в необходимых случаях пломбируется организацией, в ведении которой она находится.

### **Вводные устройства, распределительные щиты распределительные пункты и групповые щитки**

7.1.17. Вводы в здания должны быть оборудованы ВУ или ВРУ. Перед вводами в здание не допускается устанавливать дополнительные кабельные ящики для разделения сферы обслуживания наружных питающих сетей и сетей внутри зданий. Такое разделение должно быть обеспечено в ВРУ или ГРЩ.

7.1.18. На ВУ или ВРУ должны быть установлены аппараты защиты и аппараты управления. На ВУ и ВРУ на ток не более 25 А аппараты управления допускается не устанавливать. При установке на ответвлениях от воздушных линий (далее ВЛ) аппаратов защиты на ток до 25 А ВУ или ВРУ на вводах в здания устанавливать не требуется.

Допускается не устанавливать аппараты защиты на вводе питающей линии в здание, если защита имеется в начале ответвления или питание ВУ или ВРУ производится отдельной линией. На каждой линии, отходящей от распределительного щита, пункта или щитка, должны устанавливаться аппараты защиты.

Аппарат управления может быть общим для нескольких линий. При этом в случае совмещения ВУ с распределительным щитом и наличия на вводе аппарата управления с фиксированным отключенным положением установка дополнительного общего аппарата управления необязательна.

7.1.19. Аппараты управления, независимо от наличия таких же аппаратов в начале питающей линии или на ее ответвлении, должны быть установлены на вводах питающих линий в торговые помещения, коммунальные предприятия,

административные помещения и т.п., а также в помещении потребителей, оборудованных в административно-хозяйственном отношении.

7.1.20. Внешние питающие сети (от подстанций до ВУ, ВРУ) должны быть защищены только от токов короткого замыкания (далее КЗ).

7.1.21. При размещении аппаратов защиты в дополнение к требованиям Главы 3.1 ПУЭ. Раздел III необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. В жилых и общественных зданиях и помещениях автоматические выключатели и предохранители на распределительных пунктах и групповых щитках следует устанавливать только в цепях фазных проводов;

2. При установке на лестничных клетках на расстоянии не более 3 м от лестничного стояка щитков, совмещающих функции квартирных и этажных, отдельный этажный щиток устанавливать не требуется.

7.1.22. Как правило, ВУ, ВРУ, ГРЩ следует устанавливать в щитовых помещениях, доступных только для обслуживающего персонала, или в запирающихся шкафах или нишах. В районах, подверженных затоплению, они должны устанавливаться выше уровня затопления.

Для одно - и двухэтажных жилых зданий, не имеющих общих лестничных клеток, ВУ и ВРУ могут устанавливаться снаружи на стене здания. В этом случае они должны иметь соответствующую степень защиты.

Допускается размещать ВУ, ВРУ и ГРЩ в помещениях, выделенных в сухих подвалах или в технических подпольях, при условии, что эти помещения легкодоступны для обслуживающего персонала и отделены от других помещений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

При размещении ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительных пунктов и групповых щитков вне щитовых помещений должны выполняться следующие требования:

1. Устройства должны быть расположены в удобных и доступных для обслуживания местах.

2. Пункты и щитки, как правило, должны устанавливаться в нишах, ящиках или закрываться кожухами.

Пункты и щитки не должны иметь открытых неизолированных токоведущих частей.

3. Устройства должны устанавливаться на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), газопроводов и газовых счетчиков.

7.1.23. ВРУ, щиты, щитки, пункты, устанавливаемые в специальных щитовых помещениях или в запирающихся нишах, выполненных из несгораемых конструкций, могут не иметь задних и боковых стенок и дверей.

7.1.24. Щитовые помещения, а также ВУ и ВРУ не допускается располагать под санузлами, ванными комнатами, душевыми, кухнями (кроме кухонь квартир), мойками, моечными и парильными помещениями бань, стиральными помещениями прачечных, химчисток и т.п.

Трубопроводы (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), вентиляционные и прочие короба, прокладываемые через щитовые помещения (за исключением ответвления к отопительному прибору самого щитового помещения), не должны иметь ответвлений в пределах помещения, а также люков, задвижек, фланцев, ревизий, вентиляй и т.п. Прокладка через эти помещения газопроводов и трубопроводов с горючими жидкостями не допускается.

Двери электрощитовых помещений должны открываться наружу.

7.1.25. Помещения, в которых установлены ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительные пункты, щиты и щитки, должны иметь естественную вентиляцию и электрическое освещение, а также отопление, обеспечивающее температуру в помещении не ниже плюс 5<sup>0</sup>С.

7.1.26. Электрические цепи ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительных пунктов, групповых щитков допускается выполнять проводами с алюминиевыми или алюмомедными жилами.

### **Электропроводки и кабельные линии**

7.1.27. При выполнении внутренних электропроводок и кабельных линий необходимо руководствоваться следующим:

1. Электроустановки разных организаций, обособленных в административно-хозяйственном отношении, расположенные в одном здании, могут быть присоединены ответвлениями к общей питающей линии или отдельными линиями ВРУ, ГРЩ или ВРЩ.

Допускается осуществлять питание электроустановок потребителей нежилого сектора и квартир от общей питающей линии при условии, что в местах ответвления устанавливаются отдельные аппараты управления. В обоих случаях должно быть обеспечено качество напряжения (см. Главу 1.2 ПУЭ Раздел I).

2. К одной линии разрешается присоединять несколько стояков. На ответвлении к стояку, питающему квартиры жилых домов, имеющих выше пяти этажей, следует устанавливать аппарат управления.

3. В жилых зданиях светильники лестничных клеток, вестибюлей, холлов, коридоров и других внутридомовых помещений вне квартир должны питаться по самостоятельным линиям от ВРУ или отдельных групповых щитков, питаемых от ВРУ. Присоединение их к квартирным щиткам не допускается.

4. К групповым линиям освещения лестничных клеток, поэтажных коридоров, холлов, вестибюлей, подвалов, технических подполий и чердаков жилых и

общественных зданий допускается присоединять на фазу до 60 ламп накаливания или люминесцентных мощностью до 65 Вт каждая.

5. Для лестничных клеток и коридоров, имеющих естественное освещение, рекомендуется предусматривать автоматическое управление электрическим освещением в зависимости от освещенности, создаваемой естественным светом.

7.1.28. В жилых зданиях стояки питающих сетей квартир должны прокладываться по лестничным клеткам. Прокладка стояков питающей сети внутри квартир не допускается.

Допускается прокладка в общей трубе, общем коробе или канале из негорючих строительных конструкций и т.п. проводов питающих линий квартир вместе с проводами рабочего освещения лестничных клеток, коридоров и других внутридомовых помещений.

Прокладка групповых сетей квартиры от этажного щитка до ввода в квартиру должна осуществляться в самостоятельных каналах, трубах, коробах и т.п., т.е. отдельно от групповых линий других квартир.

В отступление от требований пункта 2.1.15 ПУЭ. Раздел II в одном канале допускается совместно прокладывать до 12 проводов групповых сетей квартир жилых домов.

Допускается объединение нулевых проводов питающих линий квартир и линий рабочего освещения лестничных клеток и коридоров.

7.1.29. Прокладку линий в помещениях, как правило, следует выполнять скрыто. Открытую прокладку сетей рекомендуется выполнять в технических этажах и подпольях, неотапливаемых подвалах, тепловых пунктах, вентиляционных камерах, насосных, в сырых и особо сырых помещениях.

Вертикальные участки (стояки) линий электрической сети должны выполняться: незащищенными проводами - в трубах, коробах, каналах строительных конструкций; кабелями, шинпроводами - в шахтах и каналах строительных конструкций.

Места прохода линий через междуэтажные перекрытия должны быть уплотнены негорючими материалами.

В жилых и общественных зданиях, а также в санузлах жилых домов допускается выполнять проводку скрытой, без труб, специальными проводами (например, АППВ) в бороздах стен, под штукатуркой и т. п.

В зданиях, выполненных из негорючих строительных конструкции, допускается несменяемая замоноличенная закладка проводов групповой сети в панели стен, перегородок и перекрытий при их изготовлении на заводах стройиндустрии.

7.1.30. В помещениях для приготовления и приема пищи, за исключением квартир, запрещается открытая прокладка проводов.



В кухнях квартир могут применяться те же виды электропроводок, что и в жилых комнатах и коридорах. В ванных комнатах, в душевых и санузлах должны применяться, как правило, скрытая электропроводка; допускается открытая электропроводка защищенными проводами и кабелями.

При прокладке проводов и кабелей должны учитываться требования норм по выбору и применению установочных проводов, в том числе требования для помещений и зданий, выполненных из сгораемых материалов, а также технические указания по выбору и применению электрических кабелей.

7.1.31. Электропроводка на чердаках должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 2.1. Эти требования не распространяются на чердаки, используемые в качестве технического этажа и имеющие несгораемые строительные конструкции.

7.1.32. Электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками, рассматриваются как скрытые электропроводники, и их следует выполнять: за потолками из сгораемых материалов - в металлических трубах, коробах, металлорукавах; за потолками из несгораемых и трудносгораемых материалов - в винилпластовых или аналогичных трубах, коробах, металлорукавах, а также кабелями и защищенными проводами, имеющими оболочки из трудносгораемых материалов. Должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

Таблица 7.1.1.

**Наименьшие допустимые сечения кабелей и проводов электрических сетей в зданиях**

Наименование линий	Наименьшее сечение кабелей и проводов, мм <sup>2</sup>	
	медных	алюминиевых и алюмомедных
Линии групповой и распределительной сетей	1	2,5
Линии до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5	4
Линии питающей сети и стояки для питания квартир и комнат общежитий	4	6

7.1.33. Сечения кабелей и проводов электрической сети зданий должны быть не менее приведенных в Таблице 7.1.1.

Трехфазные линии в жилых зданиях должны иметь сечение нулевых проводников, равное сечению фазных проводников, если фазные проводники имеют сечение до 25 мм<sup>2</sup> (по алюминию), а при больших сечениях - не менее 50% сечения фазных проводников. Сечения нулевых рабочих и нулевых защитных

проводников должны соответствовать также требованиям Главы 1.7 ПУЭ. Раздел I.

## **Внутреннее электрооборудование**

7.1.34. Светильники и прочие осветительные устройства во всех помещениях должны быть установлены и расположены так, чтобы обеспечивалась возможность безопасного обслуживания их при помощи обычных технических средств (приставных лестниц, стремянок и т. п.). Если такой возможности нет, должны предусматриваться специальные устройства (раздвижные вышки, ходовые мостики и т. п.). С приставных лестниц и стремянок разрешается обслуживание светильников, расположенных на высоте не более 5 м.

7.1.35. В помещениях для приготовления и приема пищи, за исключением кухонь в квартирах, светильники с лампами накаливания, устанавливаемые над рабочими местами (плитами, столами и т. п.), должны иметь снизу защитное стекло. Для светильников с люминесцентными лампами достаточно наличия сеток или решеток либо в светильниках должны применяться ламподержатели, конструкция которых исключает выпадение ламп.

7.1.36. В ванных комнатах, душевых и санузлах квартир, гостиниц и общежитий корпуса светильников с лампами накаливания и патронов должны быть выполнены из изолирующего материала.

7.1.37. Установка розеток в ванных комнатах, душевых, раздевалках при душевых и в мыльных помещениях бань, парилках, стиральных помещениях прачечных не допускается.

В ванных комнатах квартир, гостиниц, общежитий допускается установка, розеток, присоединяемых к сети через разделительные трансформаторы (см. Главу 1.1 ПУЭ. Раздел I).

В общеобразовательных школах и учреждениях по воспитанию детей в помещениях для пребывания детей розетки должны устанавливаться на высоте 1,8 м от пола. Высота установки розеток в других общественных зданиях и жилых помещениях выбирается удобной для присоединения к ним электрических приборов в зависимости от назначения помещения и оформления интерьера.

Допускается установка розеток и выключателей в специальных стеновых панелях, выполненных на заводах стройиндустрии, без применения закладных коробок.

Розетки должны быть по возможности удалены от заземленных частей (трубопроводы, раковины) и должны находиться от них на расстоянии не менее 0,5 м. Для кухонь жилых квартир и общественных зданий это расстояние не нормируется.

В распределительной сети предприятий общественного питания и торговли розетки устанавливаются по техническим заданиям, однако, высота их установки не должна превышать 1,3 м.

7.1.38. Выключатели светильников рабочего, аварийного и эвакуационного освещения в торговых помещениях магазинов, столовых и других, предназначенных для пребывания большого количества людей, должны быть доступны только для обслуживающего персонала.

7.1.39. В ваннных комнатах, санузлах, мыльных помещениях бань, парилках, стиральных помещениях прачечных и т.п. выключатели не должны устанавливаться. В помещениях умывальников установка выключателей допускается.

7.1.40. Выключатели рекомендуется устанавливать на стене у дверей со стороны дверной ручки; допускается устанавливать их под потолком с управлением при помощи шнура. Высота установки выключателей на стене должна приниматься равной 1,5 м, за исключением общеобразовательных школ и детских дошкольных учреждений, в помещениях для пребывания детей, где выключатели следует устанавливать на высоте 1.8 м от пола.

7.1.41. Над каждым основным входом в здание должен быть установлен светильник.

7.1.42. Домовые знаки и указатели пожарных гидрантов должны быть освещены.

### **Силовое электрооборудование**

7.1.43. Электродвигатели, обслуживающие общедомовые установки (насосы, вентиляторы, лифты и т.п.), а также их защитные и пусковые аппараты должны быть доступны только для обслуживающего персонала. Исключением являются кнопки управления лифтами, противопожарными устройствами и вентиляцией. Пусковые аппараты электродвигателей, кроме того, должны быть расположены с соблюдением требований, приведенных в Главе 5.3 ПУЭ Раздел V.

7.1.44. По одной линии следует питать не более четырех лифтов, расположенных в разных, не связанных между собой лестничных клетках и холлах. При наличии в лестничной клетке или в лифтовом холле двух или более лифтов одного назначения они должны питаться от двух линий, присоединяемых непосредственно к ВРУ или ГРЩ; число лифтов, присоединяемых к одной линии, не ограничивается.

7.1.45. Питание электроприемников противопожарных систем следует осуществлять в соответствии с их категорией по надежности электроснабжения. При отсутствии технологического резерва электродвигатель пожарного насоса должен питаться по двум линиям, одна из которых должна быть присоединена непосредственно к щиту подстанции, ВРУ или ГРЩ. Переключение с одной линии на другую может осуществляться вручную или автоматически.

7.1.46. Установка электродвигателей на чердаках зданий допускается при соблюдении требований по звукоизоляции для обеспечения нормируемых уровней шумов.

Электродвигатели, распределительные и групповые щитки, отдельно устанавливаемые коммутационные аппараты и аппараты защиты должны иметь степень защиты IP44. При меньшей степени защиты они должны быть установлены в шкафах со степенью защиты IP44 или в отдельных помещениях с ограждениями из трудносгораемых материалов.

### Учет электроэнергии

7.1.47. В жилых зданиях квартирного типа следует устанавливать один однофазный расчетный счетчик на каждую квартиру. В необходимых случаях допускается установка одного трехфазного счетчика.

7.1.48. Расчетные счетчики в общественных зданиях, в которых размещено несколько потребителей электроэнергии, должны предусматриваться для каждого потребителя, обособленного в административно-хозяйственном отношении (ателье, магазины, мастерские, склады, жилищно-эксплуатационные конторы и т.п.).

7.1.49. В общественных зданиях расчетные счетчики электроэнергии должны устанавливаться на ВРУ, в точках балансового разграничения с энергоснабжающей организацией. При наличии встроенных или пристроенных трансформаторных подстанций, мощность которых полностью используется потребителями данного здания, расчетные счетчики должны устанавливаться на вводах силовых трансформаторов на совмещенный щит низшего напряжения, являющийся одновременно ВРУ здания.

ВРУ и приборы учета разных абонентов, размещенных в одном здании, допускается устанавливать в одном общем помещении. По согласованию с энергоснабжающей организацией расчетные счетчики могут устанавливаться у одного из потребителей, от ВРУ которого питаются прочие потребители, размещенные в данном здании. При этом на вводах питающих линий в помещения этих прочих потребителей следует устанавливать счетчики для расчетов с основным потребителем электроэнергии.

7.1.50. Расчетные счетчики для общедомовой нагрузки жилых зданий (освещение лестничных клеток, конторы домоуправлений, дворовое освещение и т. п.) рекомендуется устанавливать в шкафах ВРУ или на панелях ГРЩ.

7.1.51. Расчетные квартирные счетчики рекомендуется размещать совместно с аппаратами защиты (предохранителями, автоматическими выключателями) и выключателями (для счетчиков) на общих квартирных щитках.

Квартирные щитки следует размещать на лестничной клетке, в холле или в общем поэтажном коридоре; они могут быть установлены и в передней квартире. Квартирные щитки следует устанавливать, как правило, в нишах, если это допускается строительной конструкцией здания. Квартирные щитки при установке на лестничной клетке должны располагаться в запираемых шкафах с проемами для снятия показаний счетчиков.

7.1.52. После счетчика, включенного непосредственно в питающую сеть, должен быть установлен аппарат защиты. Он должен устанавливаться возможно ближе к счетчику, не далее чем на расстоянии 10 м по длине электропроводки. Если после счетчика отходит несколько линий, снабженных аппаратами защиты, установка общего аппарата защиты после счетчика не требуется.

7.1.53. Перед счетчиком, который установлен на квартирном щитке, расположенном в передней квартире в нишах, должен быть установлен рубильник или двухполюсный выключатель для безопасной замены счетчика.

7.1.54. Все средства измерений (счетчики электрической энергии, трансформаторы тока и напряжения), эксплуатируемые при учете электрической энергии должны быть поверены в установленном порядке в подразделениях агентства «Узстандарт» и иметь действующие оттиски поверительных клейм и/или свидетельства о поверке.

### Заземление

7.1.55. Заземление электроустановок следует выполнять в соответствии с требованиями Главы 1.7. ПУЭ Раздел I.

7.1.56. В ванных комнатах жилых, общественных зданий и в банях металлические корпуса ванн, а в душевых поддоны должны быть соединены металлическими проводниками с металлическими трубами водопровода.

7.1.57. В помещениях с подвесными потолками, имеющими металлические конструкции и детали, следует заземлять металлические корпуса светильников, встраиваемых в подвесные потолки или устанавливаемых за ними.

7.1.58. В помещениях, где не требуется заземление светильников, металлический крюк для подвески светильников должен быть изолирован.

7.1.59. В рабочих комнатах и других служебных помещениях общественных зданий, жилых комнатах гостиниц, общежитий и жилых домов, в кухнях жилых домов и общежитий при наличии открытых металлических трубопроводов, радиаторов систем отопления и других металлических конструкций необходимо предусматривать заземление металлических корпусов переносных электроприемников (утюги, чайники, плитки, комнатные холодильники, пылесосы, стиральные, швейные машины и настольные средства оргтехники).

В указанных помещениях при токонепроводящих полах и при отсутствии открытых металлических трубопроводов, радиаторов систем отопления и других металлических конструкций, а также в случаях закрытия их изоляционными материалами не требуется предусматривать заземление металлических корпусов переносных электроприемников.

Допускается до освоения промышленностью массового выпуска переносных электроприемников с заземленными металлическими корпусами с трехпроводными соединительными шнурами и соответствующими электроустановочными устройствами не выполнять заземление металлических корпусов электропри-

смников в указанных помещениях с токонепроводящими полами и при наличии открытых металлических трубопроводов и радиаторов систем отопления.

7.1.60. В жилых и общественных зданиях должны быть присоединенными к PEN – проводнику металлические корпуса стационарных электрических плит, кипятильников и т. п., а также переносных бытовых электрических приборов и машин мощностью более 1,3 кВт и металлические трубы электропроводок.

Для присоединения к PEN – проводнику корпусов стационарных однофазных электрических плит, бытовых кондиционеров воздуха, электрополотенец и т.п., а также переносных бытовых приборов и машин мощностью более 1,3 кВт должен прокладываться от стояка, этажного или квартирного щитка отдельный проводник сечением, равным сечению фазного проводника. Этот проводник присоединяется к PEN – проводнику питающей сети перед счетчиком (со стороны ввода) и до отключающего аппарата (при его наличии).

7.1.61. При соединении к PEN - проводнику трехфазной электроплиты следует осуществлять самостоятельным проводником, начиная от группового щитка (распределительного пункта). Использование рабочего проводника РЕ для заземления трехфазной электроплиты запрещается.

## **Глава 7.2 Электрооборудование зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений**

7.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки следующих зданий и крытых сооружений с залами вместимостью 300 мест и более: зрелищных предприятий (театров, цирков, кинотеатров, концертных залов, филармоний), студий телевидения и радиодомов, клубных учреждений (клубов, дворцов и домов культуры, домов учителя, врача, агронома, ученого, туриста, народного творчества, планетариев), дворцов и домов детского творчества и школьников и спортивных сооружений (дворцов спорта, спортивных залов).

7.2.2. Электрооборудование объектов, указанных в пункте 7.2.1, Раздел VII настоящих Правил, кроме требований настоящей Главы должно удовлетворять также требованиям других разделов и глав Правил в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

7.2.3. Электроустановки зданий и сооружений, предназначенные для проведения массово-политических, культурно-массовых, спортивных, зрелищных и других общественных мероприятий, должны также отвечать требованиям норм технологического проектирования радиотелевизионных передающих станций, телевизионных центров, радиодомов.

7.2.4. Сценой называется специально оборудованная часть здания, предназначенная для показа спектаклей различных жанров.

В состав сцены входят основная игровая часть (планшет сцены), сообщающаяся со зрительным залом порталным проемом, арьерсцена и боковые кар-

мши, объединенные проемами в стенах с основной игровой частью сцены, а также грюм и надколосниковое пространство.

7.2.5. Эстрадой называется часть зрительного зала, предназначенная для эстрадных и концертных выступлений. Эстрада может быть отделена от зрительного зала порталной стеной с открытым проемом или находиться в общем объеме со зрительным залом.

7.2.6. Манежем называется часть зрительного зала цирка, предназначенная для цирковых представлений,

7.2.7. Сценическими подъемами называются механизмы, предназначенные для подъема и спуска декораций, софитов, занавесов и другого сценического оборудования.

7.2.8. Постановочным освещением называется освещение, предназначенное для светового оформления театральных постановок, концертов, эстрадных и цирковых представлений.

7.2.9. Техническими аппаратными называются помещения, в которых размещаются осветительные и проекционные приборы, устройства управления постановочным освещением, связи, электроакустические и кинотехнологические устройства, а также электроустановки питания и управления электроприводами механизмов сцены (эстрады, манежа).

### **Общие требования**

7.2.10. Питание электроприемников должно предусматриваться от сети 380/220 В с глухозаземленной нейтралью.

7.2.11. Выбор нестандартного напряжения для электроприемников постановочного освещения и электроустановок механизмов сцены, питаемых от отдельных трансформаторов, выпрямителей или преобразователей, должен осуществляться при проектировании.

7.2.12. Все помещения, входящие в состав сцены (эстрады), а также вспомогательные помещения (кинопроекционные, рирпроекционные, перемоточные, сейф декораций), склады (декораций, костюмов, реквизитов, бутафории, мебели и материальные), мастерские (живописные, пастижерские, бутафорские, столярные, художника, макетные, трафаретные, объемных декораций, пошивочные и обувные), кладовые (красок, хозяйственные, машиниста и электрика сцены, бельевые); помещения гардеробные и костюмерные следует относить к пожароопасным зонам класса П-Па.

### **Электроснабжение**

7.2.13. Категории электроприемников по надежности электроснабжения приведены в Таблице 7.2.1. Эти категории не распространяются на электроприемники уникальных зданий.

7.2.14. Электроснабжение собственных трансформаторных подстанций (далее ТП) зданий и сооружений (см. пункт 7.2.1 настоящих Правил) следует выполнять двумя взаимно резервируемыми линиями 6-10 кВ от ближайших ИИ или распределительных пунктов (далее РП) городской распределительной сети, питающихся по разным линиям 6-10 кВ.

Схема электроснабжения зданий и сооружений с количеством мест в зрительном зале 800 и более должна обеспечивать питание электроприемников I категории от двух независимых источников.

7.2.15. Питание электроприемников зданий и сооружений с количеством мест в зрительном зале 800 и более должно осуществляться от двух трансформаторов собственной ТП, встроенной в здание, как правило, через ГРЩ или ВРУ (см. Главу 7.1 настоящих Правил), имеющие две независимые секции шин 380/220 В, с устройством автоматического ввода резерва (далее АВР) на шинах. В некоторых случаях допускается сооружение отдельно стоящей ТП. Необходимость сооружения отдельно стоящей ТП определяется при проектировании.

При применении комплектных трансформаторных подстанций (далее КТП) с двумя трансформаторами устройство АВР следует предусматривать на сборных шинах КТП.

7.2.16. Питание электроприемников зданий и сооружений с количеством мест в зрительном зале менее 800 должно, как правило, осуществляться от двух трансформаторов ТП общего пользования или собственной ТП. При этом питание каждой секции ГРЩ или ВРУ должно быть предусмотрено отдельными линиями от ТП. Переключение питания секций ГРЩ и ВРУ должно предусматриваться, как правило, вручную.

7.2.17. Допускается питание ГРЩ и ВРУ зданий и сооружений с количеством мест в зрительном зале менее 800 от одного трансформатора, но при этом рекомендуется предусматривать прокладку двух взаимно резервируемых линий 380/220 В.

7.2.18 Встроенные ТП с трансформаторами, имеющими масляное заполнение, должны удовлетворять требованиям Главы 4.2 ПУЭ. Раздел IV, а также следующим требованиям:

1. Каждый трансформатор должен быть установлен в отдельной камере, имеющей выход только непосредственно наружу. При применении КТП разрешается установка в одном помещении только одной ТП с двумя трансформаторами.

2. Двери трансформаторных камер или помещений КТП должны быть расположены в наружной стене здания, где отсутствуют двери для прохода зрителей или эвакуационные выходы. При невозможности выполнить это требование по условиям планировки расстояние по горизонтали от дверного проема трансформаторной камеры и помещения КТП до проема ближайшей двери для прохода зрителей или эвакуационного выхода должно быть не менее 5 м.



7.2.19. Комплектные трансформаторные подстанции с сухими трансформаторами или с трансформаторами, заполненными негорючей жидкостью, могут располагаться внутри здания. При этом должна быть обеспечена возможность транспортировки оборудования КТП для замены и ремонта.

7.2.20. В помещении КТП могут размещаться РУ и вращающиеся преобразователи до 1 кВ для питания электроприводов механизмов сцены, шкафы с аккумуляторными батареями и тиристорные регуляторы постановочного освещения при условии обслуживания КТП персоналом здания.

Таблица 7.2.1.

**Категории электроприемников по надежности электроснабжения**

Наименование электроприемников	Категория электро- приемников при вместимости зрительного зала, (чел.)		Примечание
	менее 800	800 и более	
Светильники аварийного и эвакуационного освещения	II	I	См. пункты 7.2.23, 7.2.24
То же для детских театров, домов детского творчества	I	I	-
Электродвигатели пожарных насосов, автоматическая пожарная сигнализация и система незадымления	II	I	См пункт 7.2.41
То же для, домов детского творчества	I	I	-
Установки телевидения, радио и связи	II	II	-
Кинопроекторы коммерческого показа	II	II	-
Электроприемники постановочного освещения	II	II	Сельские клубы и дома культуры с количеством мест до 500 относятся к III категории
Электроприемники электроприводов сценических механизмов при количестве электроприводов более 10	III	II	-
Установки внеклассных телевизионных центров и радиодомов	I	I	-
Остальные электроприемники	III	III	-

7.2.21. Распределительное устройство ТП выше 1 кВ, как правило, должно размещаться за сетчатым ограждением или в отдельном помещении с самостоятельными запирающимися входами для обслуживания персоналом районной электросети.

Размещение РУ до и выше 1 кВ в одном помещении допускается только при условии их эксплуатации персоналом одной организации (районной электросети или объекта).

7.2.22. К линиям, питающим электроакустические и кинотехнологические устройства, подключение других электроприемников не допускается.

7.2.23. В зданиях и сооружениях с количеством мест в зрительном зале 800 и более, а также в детских театрах, дворцах и домах детского творчества со зрительными залами любой вместимости должна быть предусмотрена аккумуляторная установка для питания или автоматического переключения на нее светильников аварийного (эвакуационного) освещения и пожарной сигнализации при отключении внешних источников электроснабжения. В кинотеатрах с залами любой вместимости при наличии двух независимых, источников питания аккумуляторная установка не предусматривается. При этом рабочее освещение необходимо питать от одного источника, а аварийное (эвакуационное) освещение - от другого источника.

7.2.24. В зданиях и сооружениях с количеством мест в зрительном зале менее 800 при питании рабочего и аварийного (эвакуационного) освещения и пожарной сигнализации от двух независимых источников аккумуляторная установка не предусматривается. При этом питание рабочего и аварийного (эвакуационного) освещения и пожарной сигнализации должно осуществляться отдельными линиями от разных секций ГРЩ или ВРУ.

При отсутствии второго независимого источника для зданий и сооружений (за исключением кинотеатров) для аварийного (эвакуационного) освещения и пожарной сигнализации следует предусматривать аккумуляторную установку.

7.2.25. Аккумуляторные установки в отдельных помещениях следует размещать в соответствии с требованиями Главы 4.4. ПУЭ. Раздел IV Емкость аккумуляторной батареи должна быть рассчитана на непрерывную работу в течение 1 ч. Шкафы с батареями из переносных (стартерных) аккумуляторов разрешается размещать внутри любых помещений, за исключением помещений для зрителей и артистов.

### **Электрическое освещение**

7.2.26. Отклонение напряжения у источников света рабочего и аварийного (эвакуационного) освещения должно быть не более нормированного государственным стандартом «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»). Снижение напряжения у наиболее удаленных источников света постановочного освещения сцены (эстрады, манежа) должно составлять не более 5% номинального напряжения ламп.

7.2.27. Осветительные приборы постановочного освещения должны иметь предохранительные сетки, исключаяющие выпадение светофильтров, линз, ламп и других внутренних частей световых приборов.

7.2.28. Постановочное освещение и освещение оркестровой ямы должно иметь плавное регулирование яркости источников света. Допускается применение нерегулируемого постановочного освещения эстрады, сцены, а также оркестровой ямы в клубных учреждениях с количеством мест в зрительном зале менее 400.

7.2.29. Для плавного регулирования яркости источников света постановочного освещения и освещения оркестровой ямы в театрах, концертных залах, филармониях и цирках любой вместимости, а также в клубных учреждениях и спортивных залах с количеством зрителей 800 и более рекомендуется применять тиристорные регуляторы освещения.

Для клубных учреждений с залами меньшей вместимости и других зданий допускается применение электромеханических регуляторов освещения (со специальными автотрансформаторами).

7.2.30. В зрительных залах театров, концертных залов, филармоний, цирков, клубных учреждений, а также в кинотеатрах с количеством мест в зрительных залах 400 и более должно быть предусмотрено плавное регулирование яркости источников света.

7.2.31. Вертикальная освещенность на игровой части сцены (эстрады, манежа) на высоте 1,75 м от планшета, создаваемая источниками белого цвета верхнего и выносного освещения при номинальном напряжении и совместной работе, должна быть не менее 300 лк со стороны, обращенной к зрителям. Расчет указанной освещенности должен выполняться с учетом коэффициента запаса 1,5.

7.2.32. В помещениях для зрителей должно быть предусмотрено дежурное освещение, обеспечивающее 15 — 20% нормируемой в этих помещениях освещенности.

7.2.33. В зрительных залах со стационарными киноустановками в случае аварийного прекращения кинопроекции должно предусматриваться автоматическое включение части светильников, обеспечивающей 15 — 20% нормируемой освещенности.

7.2.34. Управление рабочим и дежурным освещением должно быть предусмотрено:

для зрительного зала - из аппаратной управления постановочным освещением (регуляторной), из кинопроекционной, с поста главного билетера или от входа в зрительный зал;

для сцены, эстрады - из аппаратной управления постановочным освещением (регуляторной), с пульта на сцене (эстраде);

для вестибюлей, фойе, кулуаров, гардеробов, буфетов, санузлов, курительных и других помещений для зрителей - централизованное управление рабочим освещением с поста главного билетера или от входа в зрительный зал, а дежурным освещением, кроме того, из помещения пожарного поста (при его наличии).

7.2.35. Аварийное освещение должно выполняться в помещениях касс, администратора, гардероба, постов охраны, пожарного поста, аппаратной управления постановочным освещением, звукоаппаратной, кинопроекционной, ТП или ГРЩ, телефонной станции и в помещениях для животных (в цирках).

Эвакуационное освещение должно быть предусмотрено во всех помещениях, где возможно пребывание не менее 50 чел, а также на всех лестницах, проходах и других путях эвакуации.

7.2.36. Световые указатели должны быть размещены над дверями по путям эвакуации из зрительного зала, со сцены (эстрады, манежа) и из других помещений в направлении выхода из здания и иметь окраску стекол, отличную от окраски стекол других светильников, установленных в этих помещениях.

Световые указатели должны присоединяться к источнику питания эвакуационного освещения или автоматически на него переключаться при исчезновении напряжения на питающих их основных источниках. Световые указатели должны быть включены в течение всего времени пребывания зрителей в здании.

7.2.37. Управление аварийным и эвакуационным освещением должно предусматриваться централизованным из помещения зарядной, а при ее отсутствии - из помещения ГРЩ или ВРУ. Допускается предусматривать управление аварийным и эвакуационным освещением из кинопроекционной или из помещения пожарного поста.

7.2.38. Для аварийного и эвакуационного освещения, включаемого или переключаемого на питание от аккумуляторной установки, должны применяться лампы накаливания.

7.2.39. Освещение пюпитров оркестрантов в оркестровой яме должно производиться светильниками, присоединенными к розеткам.

7.2.40. В зрелищных предприятиях должна быть предусмотрена возможность присоединения иллюминационных и рекламных установок.

### **Силовое электрооборудование**

7.2.41. Питание электродвигателей пожарных насосов, систем обеспечения незадымленности и автоматической пожарной сигнализации следует предусматривать самостоятельными линиями от секций шин ТП, ГРЩ или ВРУ.

При отсутствии двух независимых источников допускается питание указанных насосов и систем обеспечения незадымленности, относящихся к I категории, от одного источника с подключением к разным трансформаторам и с устройством АВР.

7.2.42. Включение электродвигателей пожарных насосов и систем обеспечения незадымленности должно сопровождаться автоматическим отключением электроприемников систем вентиляции и кондиционирования воздуха. В обоснованных случаях допускается автоматическое отключение и другого силового электрооборудования, за исключением электродвигателей противопожарного занавеса, циркуляционных насосов и лифтов.

7.2.43. Пуск электродвигателей пожарных насосов может предусматриваться автоматически и вручную.

Дистанционный пуск должен осуществляться из помещения пожарного поста, а при отсутствии автоматического пожаротушения - также от кнопок, расположенных у пожарных кранов.

Отключение электродвигателей пожарных насосов и системы обеспечения незадымленности должно предусматриваться только из помещения пожарного поста и из насосной, а при отсутствии пожарного поста - только из насосной. Пуск электродвигателей пожарных насосов должен контролироваться в помещении пожарного поста световым и звуковым сигналами.

7.2.44. Электроприводы механизмов сцены должны автоматически отключаться по достижении механизмами крайних положений.

Электроприводы механизмов сценических подъемов, противопожарного занавеса, подъемно-спусковых площадок и грузовых подъемников (кроме тельферных) должны иметь аварийное автоматическое отключение перепуска и переподъема непосредственно в силовой цепи, после срабатывания которого должен быть исключен пуск электроприводов аппаратами ручного или автоматического управления.

7.2.45. При количестве сценических подъемов более десяти следует предусматривать на пульте механизмов сцены, а при его отсутствии - на пульте помощника режиссера аппарат управления, обеспечивающий одновременное отключение всех сценических подъемов.

7.2.46. Для обеспечения безопасности работы механизмов вращающейся части сцены (эстрады), подъемно-спусковых площадок сцены (эстрады) и оркестра рекомендуется установка одного отключающего аппарата для всех механизмов в месте, с которого хорошо просматривается их работа.

7.2.47. Двери в ограждениях вращающейся части сцены (эстрады), подъемно-спусковых площадок сцены и оркестра, софитов технологических подъемников должны быть снабжены блокировочными устройствами, отключающими электродвигатели при открывании дверей и исключающими пуск механизмов

после закрывания дверей без дополнительных действий (поворот ключа, нажатие кнопки и т.п.).

7.2.48. Механизмы, имеющие кроме электрического привода механический ручной привод, должны быть снабжены блокировкой, отключающей электропривод при переходе на ручное управление.

7.2.49. Контакты приборов и аппаратов, предназначенные для обеспечения безопасности, должны работать на размыкание соответствующей цепи при исчезновении питания обмотки данного прибора или аппарата.

7.2.50. Противопожарный занавес должен быть снабжен блокировками, автоматически отключающими электродвигатель при ослаблении тяговых тросов и гравитационном спуске занавеса. Движение противопожарного занавеса должно сопровождаться световой и звуковой сигнализацией на планшете сцены и в помещении пожарного поста.

7.2.51. Управление дымовыми люками должно предусматривать возможность как одновременного открытия всех люков, так и отдельного открытия или закрытия каждого люка. Допускается предусматривать закрытие дымовых люков вручную.

### **Электропроводки и кабельные линии**

7.2.52. Осветительные сети должны быть защищены от перегрузки. В дополнение к требованиям Главы 3.1 ПУЭ. Раздел III, должны быть защищены от перегрузки силовые сети в пределах сцены (эстрады, манежа).

7.2.53. Электропроводки и кабельные линии на сцене (эстраде, манеже), в студиях телевизионных центров и радиодомов, в зрительных залах с числом мест 800 и более, в технических аппаратных, аккумуляторных, чердачных помещениях, пространстве над потолком и над подвесными потолками зрительного зала, а также цепи управления пожарной и охранной сигнализацией должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами.

Электропроводки в остальных помещениях должны выполняться проводами и кабелями с алюминиевыми жилами. В зрительных залах, фойе, буфетах и других помещениях для зрителей электропроводка должна быть выполнена скрытой сменяемой.

7.2.54. Электропроводки в пределах сцены (эстрады, манежа), в кинопроекционной, перемоточной, зрительных залах с количеством мест 800 и более театров, киноконцертных залов, цирков, клубных учреждений, домов детского творчества, спортивных сооружений должны выполняться в стальных трубах.

7.2.55. Для линий постановочного освещения в отступление от требований гл. 2.1 допускается прокладка в одной стальной трубе до 24 проводов.

7.2.56. Линии, которые питают осветительные приборы постановочного освещения, размещаемые на передвижных конструкциях, следует выполнять гибким медным кабелем или гибкими изолированными медными проводами в шлангах. Допускается применение шлангов из брезента при сечении проводов не более 25 мм<sup>2</sup>.

7.2.57. Переносные и передвижные электроприемники и электроприемники на виброизолирующих основаниях следует присоединять к питающей сети гибкими проводами и кабелями с медными жилами.

7.2.58. Переходы от неподвижной электропроводки к подвижной следует выполнять через электрические соединители (или коробки зажимов), устанавливаемые в доступных для обслуживания местах.

### **Заземление**

7.2.59. Заземление электроустановок следует выполнять в соответствии с требованиями гл.1.7.

7.2.60. Подвижные металлические конструкции сцены, предназначенные для установки осветительных и силовых электроприемников (софитные фермы, порталные кулисы и т. п.), должны быть заземлены посредством отдельного гибкого медного провода или жилы кабеля, которые не должны одновременно служить проводниками рабочего тока.

Заземление вращающейся части сцены и аппаратуры, размещаемой на ней, допускается осуществлять через кольцевой контакт.

Сечение жил медных проводов и кабелей, используемых для заземления подвижных металлических конструкций, должно быть не менее 1,5 мм<sup>2</sup>.

7.2.61. Металлические корпуса и конструкции электроакустических и киноподобных устройств, систем связи и сигнализации должны присоединяться к общему контуру защитного заземления здания.

7.2.62. Электрические соединители, заземляющие защитные проводники РЕ - для переносных осветительных приборов должны отвечать требованиям Главы 1.7 ПУЭ. Раздел I.

## **Глава 7.3 Электроустановки во взрывоопасных зонах**

### **Область применения**

7.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки, размещаемые во взрывоопасных зонах внутри и вне помещений. Эти электроустановки должны удовлетворять также требованиям других разделов Правил в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

Выбор и установка электрооборудования (машин, аппаратов, устройств), электропроводок и кабельных линий для взрывоопасных зон производятся в соответствии с настоящей главой Правил на основе классификации взрывоопасных зон и взрывоопасных смесей.

Требования к аккумуляторным установкам приведены в Главе 4.4 ПУЭ. Раздел IV.

Указания настоящей главы не распространяются на подземные установки в шахтах и на предприятия, взрывоопасность установок которых является следствием применения, производства или хранения взрывчатых веществ, а также на электрооборудование, расположенное внутри технологических аппаратов.

## Определения

7.3.2. Взрыв - быстрое преобразование веществ (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

7.3.3. Вспышка - быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

7.3.4. Тление - горение без свечения, обычно опознаваемое по появлению дыма.

7.3.5. Электрическое искрение - искровые, дуговые и тлеющие электрические разряды.

7.3.6. Искробезопасная электрическая цепь - электрическая цепь, выполненная так, что электрический разряд или ее нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания.

7.3.7. Температура вспышки - самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

7.3.8. Температура воспламенения - температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

7.3.9. Температура самовоспламенения - самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

7.3.10. Температура тления - самая низкая температура вещества (материалов, смеси), при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением тления.



7.3.11. Легковоспламеняющаяся жидкость (далее - ЛВЖ) - жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше  $61^{\circ}\text{C}$ .

К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает  $61^{\circ}\text{C}$ , а давление паров при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  составляет менее 100 кПа (около 1 ат).

7.3.12. Горючая жидкость - жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки выше  $61^{\circ}\text{C}$ .

Горючие жидкости с температурой вспышки выше  $61^{\circ}\text{C}$  относятся к пожароопасным, но, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, относятся к взрывоопасным.

7.3.13. Легкий газ - газ, который при температуре окружающей среды  $20^{\circ}\text{C}$  и давлении 100 кПа имеет плотность 0,8 или менее по отношению к плотности воздуха.

7.3.14. Тяжелый газ - газ, который при тех же условиях, что и в 7.3.13, имеет плотность более 0,8 по отношению к плотности воздуха.

7.3.15. Сжиженный газ - газ, который при температуре окружающей среды ниже  $20^{\circ}\text{C}$ , или давлении выше 100 кПа, или при совместном действии обоих этих условий обращается в жидкость.

7.3.16. Горючие газы относятся к взрывоопасным при любых температурах окружающей среды.

7.3.17. Горючие пыль и волокна относятся к взрывоопасным, если их нижний концентрационный предел воспламенения не превышает  $65\text{ г/м}^3$ .

7.3.18. Взрывоопасная смесь - смесь с воздухом горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более  $65\text{ г/м}^3$  при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва.

К взрывоопасным относится также смесь горючих газов и паров ЛВЖ с кислородом или другим окислителем (например, хлором).

Концентрация в воздухе горючих газов и паров ЛВЖ принята в процентах к объему воздуха, концентрация пыли и волокон - в граммах на кубический метр к объему воздуха.

7.3.19. Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения - соответственно максимальная и минимальная концентрации горючих газов, паров ЛВЖ, пыли или волокон в воздухе, выше и ниже которых взрыва не произойдет даже при возникновении источника инициирования взрыва.

7.3.20. Помещение - пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом. Про-

странство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не являются помещениями.

7.3.21. Наружная установка - установка, расположенная вне помещения (снаружи) открыто или под навесом либо за сетчатыми или решетчатыми ограждающими (конструкциями).

7.3.22. Взрывоопасная зона - помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

7.3.23. Взрывозащищенное электрооборудование - электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого электрооборудования.

7.3.24. Электрооборудование общего назначения - электрооборудование, выполненное без учета требований, специфических для определенного назначения, определенных условий эксплуатации.

7.3.25. Безопасный экспериментальный максимальный зазор (далее БЭМЗ) - максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не проходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе.

### **Классификация взрывоопасных смесей по государственным стандартам**

7.3.26. Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от размера БЭМЗ подразделяются на категории согласно Таблице 7.3.1.

7.3.27. Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от температуры самовоспламенения подразделяются на шесть, групп согласно Таблице 7.3.2.

Таблица 7.3.1.

#### **Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом**

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	Более 1,0
II	Промышленные газы и пары	—
IIА	То же	Более 0,9
IIВ	» »	Более 0,5 до 0,9
IIС	» »	До 0,5

Примечание. Указанные в таблице значения БЭМЗ не могут служить для контроля ширины зазора оболочки в эксплуатации.

**Группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом  
по температуре самовоспламенения**

Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С	Группа	Температура самовоспламенения смеси, °С
T1	Выше 450	T4	Выше 135 до 200
T2	» 300 до 450	T5	» 100 до 135
T3	» 200 до 300	T6	» 85 до 100

7.3.28. Распределение взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по категориям и группам приведено в Таблице 7.3.3.

7.3.29. Нижний концентрационный предел воспламенения некоторых взрывоопасных пылей, а также их температуры тления, воспламенения и самовоспламенения приведены в Таблице 7.3.4.

7.3.30. Категории и группы взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, а также температуры тления, воспламенения и самовоспламенения пыли, не включенных в Таблицы 7.3.3 и 7.3.4, определяются испытательными организациями в соответствии с их перечнем по государственному стандарту «Порядок испытаний, выдачи заключений и свидетельств».

**Классификация и маркировка взрывозащищенного  
электрооборудования по государственным стандартам**

7.3.31. Взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

7.3.32. Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования: «электрооборудование повышенной надежности против взрыва», «взрывобезопасное электрооборудование» и «особовзрывобезопасное электрооборудование».

Уровень «электрооборудование повышенной надежности против взрыва» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы. Знак уровня - 2.

Уровень «взрывобезопасное электрооборудование» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Знак уровня - 1.

Уровень «особовзрывобезопасное электрооборудование» - взрывозащищенное электрооборудование, в котором по отношению к взрывобезопасному элек-

трооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, предусмотренные стандартами на виды взрывозащиты. Знак уровня - 0.

7.3.33. Взрывозащищенное электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

Взрывонепроницаемая оболочка. . . . . d

Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом. . . . . p

Искробезопасная электрическая цепь. . . . . i

Таблица 7.3.3.

**Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам**

Категория смеси	Группа смеси	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
I	T1	Метан (рудничный)*
IIА	T1	Аммиак, аллил хлоридный, ацетон, ацетонитрил, бензол, бензотрифторид, винил хлористый, винилиден хлористый, 1,2-дихлорпропан, дихлорэтан, диэтиламин, диизопропиловый эфир, доменный газ, изобутилен, изобутан, изопропилбензол, кислота уксусная, ксилол, метан (промышленный)**, метилацетат, α-метилстирол, метил хлористый, метилизоцианат, метилхлорформат, метилциклопропилкетон, метилэтилкетон, окись углерода, пропан, пиридин, растворители Р-4, Р-5 и РС-1, разбавитель РЭ-1, сольвент нефтяной, стирол, спирт диацетоновый, толуол, трифторхлорпропан, трифторпропен, трифторэтан, трифторхлорэтилен, триэтиламин, хлорбензол, цикlopentadiен, этан, этил хлористый.
	T2	Алкилбензол, амилацетат, ангидрид уксусный, ацетилацетон, ацетил хлористый, ацетопропилхлорид, бензин Б95/130, бутан, бутилацетат, бутилпропионат, винилацетат, винилиден фтористый, диатол, диизопропиламин, диметиламин, диметилформамид, изопентан, изопрен, изопропиламин, изооктан, кислота пропионовая, метиламин, метилизобутилкетон, метилметакрилат, метилмеркаптан, метилтрихлорсилан, 2-метилтиофен, метилфурфур, моноизобутиламин, метилхлорметилдихлорсилан, окись мезитила, пентадиен-1,3, пропиламин, пропилен. Растворители: № 646, 647, 648, 649, РС-2, БЭФ и АЭ. Разбавители: РДВ, РКБ-1, РКБ-2. Спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый. Трифторпропилметилдихлорсилан, трифторэтилен, трихлорэтилен, изобутил хлористый, этиламин, этилацетат, этилбутират, этилендиамин, этиленхлоргидрин, этилизобутират, этилбензол, циклогексанол, циклогексанон.

IIA	T3	Бензины: А-66, А-72, А-76, «галоша», Б-70, экстракционный по ТУ 38.101.303-72, экстракционный по МРТУ 12Н-20-63. Бутил-метакрилат, тексан, гептан, диизобутиламин, дипропиламин, альдегид изовалериановый, изооктилен, камфен, керосин, морфолин, нефть, эфир петролейный, полиэфир ТГМ-3, пентан, растворитель № 651, скипидар, спирт амиловый, триметиламин, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит, цикло-гексан, циклогексиламин, этилдихлортиофосфат, этилмеркаптан
IIA	T4	Ацетальдегид, альдегид изомаляный, альдегид масляный, альдегид пропионовый, декан, тетраметилдиаминометан, 1,1,3-триэтоксибутан
	T5	—
	T6	—
Категория смеси IIB	Группа смеси T1 T2	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь  Коксовый газ, синильная кислота Дивинил, 4,4- диметилдиоксан, диметилдихлорсилан, диоксан, диэтилдихлорсилан, камфорное масло, кислота акриловая, метилакрилат, метилвинилдихлорсилан, нитрил акриловой кислоты, нитроциклогексан, окись пропилена, окись-2-метилбутена-2, окись этилена, растворители АМР-3 и АКР, триметилхлорсилан, формальдегид, фуран, фурфурол, эпихлоргидрин, этилтрихлорсилан, этилен.
IIB	T3	Акролеин, винилтрихлорсилан, сероводород, тетрагидрофуран, тетраэтоксисилан, триэтоксисилан, топливо дизельное, формальгликоль, этилдихлорсилан, этилцеллозольв
	T4	Дибутиловый эфир, диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля.
	T5 T6	— —
IIC	T1	Водород, водяной газ, светильный газ, водород 75% + азот 25 %
	T2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	T3	Трихлорсилан
	T4	—
	T5 T6	Сероуглерод —

\* Пол рудничным метаном следует понимать рудничный газ, в котором кроме метана содержание газообразных углеводородов — гомологов метана  $C_2$  —  $C_5$  — не более 0,1 объемной доли, а водорода в пробах газов из шпуров сразу после бурения — не более 0,002 объемной доли общего объема горючих газов.

\*\* В промышленном метане содержание водорода может составлять до 0,15 объемной доли.

Кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями. . . . . q  
 Масляное заполнение оболочки с токоведущими частями. . . . . o  
 Специальный вид взрывозащиты . . . . . s  
 Защита вида «е». . . . . e

Метилтетрагидрофталевый ангидрид	16,3	488
Микровит А кормовой ТУ 64-5-116-74	16,1	—
Пыли мучные (пшеницы, ржи и других зерновых культур)	20 - 63	410
Нафталин	2,5	575
Оксид дибутилолова	22,4	752
Оксид диоктилолова	22,1	454
Полиакрилонитрил	21,2	505
Спирт полвиниловый	42,8	450
Полиизобутилалюмоксан	34,5	—
Полипропилен	12,6	890
Ангидрид полисе бациновый (отвердитель VII-607, МРТУ 6-09-6102-09)	19,7	538
Полистирол	25	475
Краска порошковая П-ЭП-177.	16,9	560
Краска порошковая П-ЭП-177, п. 518 ВТУ 3609-70, с дополнительем № 1, серый цвет	16,9	560

Продолжение Таблицы 7.3.4

Не тлеет, плавится при 64° С	155	482*
Не тлеет, обугливается	275	463
—	—	205
Не тлеет, плавится при 80° С	—	—
154	154	523
Не тлеет, плавится при 155° С	155	448*
Не тлеет, обугливается	217	—
Не тлеет, плавится при 180 - 220° С	205	344*
Не тлеет	76	514
—	—	—
Не тлеет, плавится при 80° С	266	381*
Не тлеет, плавится при 220 °С	—	—
Не тлеет	308	475
Не тлеет	308	475

Краска порошковая П-ЭП-967, п. 884, ВТУ 3606-70, краснокоричневый цвет	37,1	848	То же	308	538
Краска порошковая ЭП-49-Д/2, ВТУ 605-1420-71, коричневый цвет	33,6	782	» »	318	508
Краска порошковая ПВЛ-212, МПТУ 6-10-859-69, цвет слоновой кости	25,5	580	» »	241	325
Краска порошковая П-ЭП-1130У, ВТУ НЧ № 6-37-72	33,5	633	» »	314	395
Пропазин технический	27,8	775	Не тлеет, плавится при 200 °С	226	435*
Пропазин товарный, ТУ 6-01-171-67	37,2	763	Не тлеет, плавится при 200 °С	215	508*
Мука пробковая	15	460	325	—	—
Пыль ленинск-кузнецкого каменного угля марки Д, шахта имени Ярославского	31	720	149	159	480
Пыль промышленная резиновая	10,1	1000	—	—	200
Пыль промышленная целлюлиновая	27,7	770	—	—	350
Пыль сланцевая	58	830	—	—	225



Продолжение Таблицы 7.3.4

Не тлеет	292	448
Не тлеет, плавится при 160 °С	—	350*
Не тлеет, плавится при 119 °С	—	—
Не тлеет, плавится при 220 °С	224	472*
Не тлеет, плавится при 225 °С	265	476*
Не тлеет, плавится при 68 °С	261	389*
—	—	—
Не тлеет, обугливается	214	—
Не тлеет, плавится при 57 °С	207	362*
Не тлеет, плавится при 125 °С	—	300*
—	—	—
—	—	—
Не тлеет, плавится при 90 °С	200	228*
Не тлеет, плавится при 60 °С	238	522*
Не тлеет, сублимируется	106	317*
—	—	—

Сапал (полимер акриловой кислоты. ТУ 6-02-2-406-75)	47,7	—
Сахар свекловичный	8,9	360
Сера	2,3	235
Симазин технический, ТУ БУ-104-68	38,2	790
Симазин товарный, МРТУ 6-01-419-69	42,9	740
Смола 113-61 (тиоэтанат диокси- лолова)	12	—
Соль АГ	12,6	636
Сополимер акрилонитрила с метилметакрилатом	18,8	532
Стабилизатор 212-05	11,1	—
Стекло органическое	12,6	579
Сульфадимезин	25	900
Титан	45	330
Тиооксиптилен дибутилолова	13	214
Трифенилтриметилциклоотрисил- локсан	23,4	515
Триэтилендиамин	6,9	—
Уротропин	15,1	683

Смола фенольная	25	460	Не тлеет, плавится при 80 - 90 °С	—	—
Фенопласт	36,8	491	227	—	485
Ферроцен, бис (циклопентадиенил)-железо	9,2	487	Не тлеет	120	250
Фталевый ангидрид	12,6	605	Не тлеет, плавится при 130 °С	—	—
Циклопентадиенилтрикарбонил-марганец	4,6	275	—	96	265
Цикорий	40	253	—	—	190
Эбонит	7,6	360	Не тлеет, спекается	—	—
Смола эпоксидная Э-49, ТУ 6-05-1420-71	17,2	477	Не тлеет	330	486
Композиция эпоксидная ЭП-49СП, ТУ 6-05-241-98-75	32,8	—	То же	325	450
Композиция эпоксидная УП-2196	22,3	—	» »	223	358
Пыль эпоксидная (отходы при обработке эпоксидных компаундов)	25,5	643	198	200	494
Композиция эпоксидная УП-2155, ТУ 6-05-241-26-72	29,5	596	Не тлеет	311	515
Композиция эпоксидная УП-2111, ТУ 6-05-241-11-71	23,5	654	То же	310	465
2-Этилгитрахион	15,8	—	Не тлеет, плавится при 107°С	207	574*
Этилселексвоксан (ПЭ)	64,1	707	223	223	420
Этилцеллюлоза	37,8	657	Не тлеет, разлагается при 240°С	—	—
Чай	32,8	925	220	—	—

\* Температура самовоспламенения расплавленного вещества

### Группы взрывозащищенного электрооборудования по области его применения

Электрооборудование	Знак группы
Рудничное, предназначенное для подземных выработок шахт и рудников	I
Для внутренней и наружной установки (кроме рудничного)	II

Таблица 7.3.6.

### Подгруппы электрооборудования группы II с видами взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь»

Знак группы электрооборудования	Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	— IIA IIB IIC	IIA, IIB и IIC IIA IIA и IIB IIA, IIB и IIC

Примечание. Знак применяется для электрооборудования, не подразделяющегося на подгруппы.

Таблица 7.3.7.

### Температурные классы электрооборудования группы II

Знак температурного класса электрооборудования	Предельная температура, °C	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1-T3
T4	135	T1-T4
T5	100	T1-T5
T6	85	T1-T6

Виды взрывозащиты, обеспечивающие различные уровни взрывозащиты, различаются средствами и мерами обеспечения взрывобезопасности, оговоренными в стандартах на соответствующие виды взрывозащиты.

7.3.34. Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется на две группы (Таблица 7.3.5).

7.3.35. Электрооборудование группы II, имеющее виды взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» и (или) «искробезопасная электрическая цепь», подразделяется на три подгруппы, соответствующие категориям взрывоопасных смесей согласно Таблице 7.3.6.

7.3.36. Электрооборудование группы II в зависимости от значения предельной температуры подразделяется на шесть температурных классов, соответствующих группам взрывоопасных смесей (Таблица 7.3.7).

Предельная температура - наибольшая температура поверхностей взрывозащищенного электрооборудования, безопасная в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

7.3.37. В маркировку по взрывозащите электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

знак уровня взрывозащиты электрооборудования (2, 1, 0);

знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам на взрывозащищенное электрооборудование;

знак вида взрывозащиты (d, i, q, s, e);

знак группы или подгруппы электрооборудования (II, IIA, IIB, IIC);

знак температурного класса электрооборудования (T1, T2, T3, T4, T5, T6).

В маркировке по взрывозащите могут иметь место дополнительные знаки и надписи в соответствии со стандартами на электрооборудование с отдельными видами взрывозащиты. Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования приведены в Таблице 7.3.8.

Таблица 7.3.8.

## Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования

Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Группа (подгруппа)	Температурный класс	Маркировка по взрывозащите
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	Защита вида «е»	II	T6	2ExeII T6
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	II B	T3	2ExedII B T3
	Искробезопасная электрическая цепь	II C	T6	2ExilII C T5
Взрывобезопасное электрооборудование	Продувка оболочки под избыточным давлением	II	T6	2ExpII T6
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	II B	T5	2ExdII B T5
	Взрывонепроницаемая оболочка	II A	T3	1ExdII A T3
	Искробезопасная электрическая цепь	II C	T6	1ExilII C T5
	Заполнение оболочки под избыточным давлением	II	T6	1ExpII T6
	Защита вида «е»	II	T6	ExeII T6
Кварцевое заполнение оболочки	II	T6	1ExqlII T6	

Продолжение Таблицы 7.3.8.

	<p>Специальный</p>	<p>II</p>	<p>T6</p>	<p>IExsIIIT6</p>
	<p>Специальный и взрывонепроницаемая оболочка</p>	<p>IIA</p>	<p>T6</p>	<p>IExsIIIT6</p>
	<p>Специальный, искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка</p>	<p>IIIB</p>	<p>T6</p>	<p>IExdIIIT4</p>
<p>Особовзрывобезопасное электрооборудование</p>	<p>Искробезопасная электрическая цепь Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка</p>	<p>IIIC IIA</p>	<p>T6 T4</p>	<p>0ExIIICT6 0ExdIIIT4</p>
	<p>Специальный и искробезопасная электрическая цепь</p>	<p>IIIC</p>	<p>T4</p>	<p>0ExsIIICT4</p>

## Классификация взрывоопасных зон

7.3.38. Классификация взрывоопасных зон приведена в пунктах 7.3.40-7.3.46 настоящих Правил. Класс взрывоопасной зоны, в соответствии с которым производится выбор электрооборудования, определяется технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации.

7.3.39. При определении взрывоопасных зон принимается, что

а) взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения;

б) взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения (см. также подпункт 2 пункта 7.3.42 настоящих Правил). Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность;

в) взрывоопасная зона наружных взрывоопасных установок ограничена размерами, определяемыми в пункте 7.3.44 настоящих Правил.

**Примечания:** 1. Объемы взрывоопасных газо- и паровоздушной смесей, а также время образования паровоздушной смеси определяются в соответствии с нормами по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности.

2. В помещениях с производствами категорий А, Б и Е электрооборудование должно удовлетворять требованиям гл. 7.3 к электроустановкам во взрывоопасных зонах соответствующих классов.

7.3.40. Зоны класса В-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т.п.

7.3.41. Зоны класса В-Ia - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

7.3.42. Зоны класса В-Iб - зоны, расположенные в помещениях в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:



1. Горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по государственным стандартам (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок).

2. Помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения. Взрывоопасная зона условно принимается от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядные станции тяговых и стартерных аккумуляторных батарей).

Пункт 2 не распространяется на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при условии обеспечения электромашинного помещения вытяжной вентиляцией с естественным побуждением; эти электромашинные помещения имеют нормальную среду.

К классу В-16 относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с горючими газами и ЛВЖ производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

7.3.43. Зоны класса В-1г - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок, выбор электрооборудования для которых производится согласно 7.3.64) надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.п.

К зонам класса В-1г также относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-1, В-1а и В-1б (исключение - проемы окон с заполнением стеклблоками); пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений со взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

7.3.44. Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Іг считается в пределах до:

а) 0,5 м по горизонтали и вертикали от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений со взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа, В-ІІ;

б) 3 м по горизонтали и вертикали от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ; от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещения со взрывоопасными зонами любого класса;

в) 5 м по горизонтали и вертикали от устройств для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами или ЛВЖ, от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;

г) 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования;

д) 20 м по горизонтали и вертикали от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады и опоры под трубопроводы для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным, за исключением зон в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категории и группы взрывоопасной смеси.

7.3.45. Зоны класса В-ІІ - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

7.3.46. Зоны класса В-Іа - зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные в пункте 7.3.45 настоящих Правил, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

7.3.47. Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в котором присутствуют или могут возникнуть взрывоопасные смеси, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пылей или волокон, не относятся в части их элект-

трооборудования к взрывоопасным. Классификацию среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к взрывоопасным.

7.3.48. В помещениях отопительных котельных, встроенных в здания и предназначенных для работы на газообразном топливе или на жидком топливе с температурой вспышки  $61^{\circ}\text{C}$  и ниже, требуется предусматривать необходимый минимум взрывозащищенных светильников включаемых перед началом работы котельной установки. Выключатели для светильников устанавливаются вне помещения котельной.

Электродвигатели вентиляторов, включаемых перед началом работы котельной установки, и их пускатели, выключатели и др., если они размещены внутри помещений котельных установок, должны быть взрывозащищенными и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси. Проводка к вентиляционному электрооборудованию и светильникам должна соответствовать классу взрывоопасной зоны.

7.3.49. При применении для окраски материалов, которые могут образовать взрывоопасные смеси, когда окрасочные и сушильные камеры располагаются в общем технологическом потоке производства, при соблюдении требований государственного стандарта «Классификация взрывоопасных зон», зона относится к взрывоопасной в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от открытых проемов камер, если общая площадь этих камер не превышает  $200\text{ м}^2$  при общей площади помещения до  $2000\text{ м}^2$  или 10% при общей площади помещения, более  $2000\text{ м}^2$ .

При бескамерной окраске изделий в общем технологическом потоке на открытых площадках при условии соблюдения требований государственного стандарта «Классификация взрывоопасных зон», зона относится к взрывоопасной в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от края решетки и от окрашиваемых изделий, если площадь решеток не превышает  $200\text{ м}^2$  при общей площади помещения до  $2000\text{ м}^2$  или 10 % при общей площади помещения более  $2000\text{ м}^2$ .

Если общая площадь окрасочных и сушильных камер или решеток превышает

$200\text{ м}^2$  при общей площади помещения до  $2000\text{ м}^2$  или 10% при общей площади помещения более  $2000\text{ м}^2$ , размер взрывоопасной зоны определяется в за-

висимости от объема взрывоопасной смеси согласно пункту 7.3.39 настоящих Правил.

Класс взрывоопасности зон определяется по пунктам 7.3.40-7.3.42 настоящих Правил.

Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Зоны внутри окрасочных и сушильных камер следует приравнивать к зонам, расположенным внутри технологических аппаратов.

Требования настоящего параграфа на эти зоны не распространяются.

7.3.50. Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, относятся к взрывоопасным зонам того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-I, В-Ia, В-II, электродвигатели применяются как для взрывоопасной зоны класса В-Iг, а для вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны классов В-Iб и В-IIa, - согласно Таблице 7.3.9 для этих классов.

Таблица 7.3.9.

**Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения**

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного со взрывоопасной зоной другого помещения и отделенного от нее	
	Стеной (перегородкой) с дверью, находящийся во взрывоопасной зоне	стеной (перегородкой) без проемов или с проемами, оборудованными тамбуршлюзами, или с дверями, находящимися вне взрывоопасной зоны
В-I	В-Ia	Невзрыво- и непожароопасная
В-Ia	В-Iб	То же
В-Iб	Невзрыво- и непожароопасная	» »
В-II	В-IIa	» »
В-IIa	Невзрыво- и непожароопасная	» »

7.3.51. Зоны в помещениях приточных вентиляторов, обслуживающих взрывоопасные зоны любого класса, не относятся к взрывоопасным, если приточные

воздуховоды оборудованы самозакрывающимися обратными клапанами, не допускающими проникновения взрывоопасных смесей в помещения приточных вентиляторов при прекращении подачи воздуха.

При отсутствии обратных клапанов помещения приточных вентиляторов имеют взрывоопасные зоны того же класса, что и обслуживаемые ими зоны.

7.3.52. Взрывоопасные зоны, содержащие легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков класса В-I, допускается относить к классу В-Ia при условии выполнения следующих мероприятий:

а) устройства системы вентиляции с установкой нескольких вентиляционных агрегатов. При аварийной остановке одного из них остальные агрегаты должны полностью обеспечить требуемую производительность системы вентиляции, а также достаточную равномерность действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;

б) устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20 % нижнего концентрационного предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов - также при приближении их концентрации к предельно допустимой по государственному стандарту «Работы окрасочные. Общие требования безопасности». Количество сигнальных приборов, их расположение, а также система их резервирования должны обеспечить безотказное действие сигнализации.

7.3.53. В производственных помещениях без взрывоопасной зоны, отделенных стенами (с проемами или без них) от взрывоопасной зоны смежных помещений, следует принимать взрывоопасную зону, класс которой определяется в соответствии с Таблицей 7.3.9, размер зоны - до 5 м по горизонтали и вертикали от проема двери.

Указания Таблицы 7.3.9 не распространяются на РУ, ПП, преобразовательные подстанции (далее ПП) и установки контрольно-измерительных приборов и автоматики (далее КИП и А), размещаемые в помещениях, смежных со взрывоопасными зонами помещений. Расположение РУ, ТП, ПП и установок КИП и А в помещениях, смежных со взрывоопасными зонами помещений, и в наружных взрывоопасных зонах предусматривается в соответствии с разделом «Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции» (см. пункты 7.3.78 - 7.3.91 настоящих Правил).

## Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон.

### Общие требования

7.3.54. Электрооборудование, особенно с частями, искрящими при нормальной работе, рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон, если это не вызывает особых затруднений при эксплуатации и не сопряжено с неоправданными затратами. В случае установки электрооборудования в пределах взрывоопасной зоны оно должно удовлетворять требованиям настоящей Главы.

7.3.55. Применение во взрывоопасных зонах переносных электроприемников (машин, аппаратов, светильников и т. п.) следует ограничивать случаями, когда их применение необходимо для нормальной эксплуатации.

7.3.56. Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в химически активных, влажных или пыльных средах, должно быть также защищено соответственно от воздействия химически активной среды, сырости и пыли.

7.3.57. Взрывозащищенное электрооборудование, используемое в наружных установках, должно быть пригодно также и для работы на открытом воздухе или иметь устройство для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечного излучения и т.п.).

7.3.58. Электрические машины с защитой вида «е» допускается устанавливать только на механизмах, где они не будут подвергаться перегрузкам, частым пускам и реверсам. Эти машины должны иметь защиту от перегрузок с временем срабатывания не более времени  $t_e$ . Здесь  $t_e$  - время, в течение которого электрические машины нагреваются пусковым током от температуры, обусловленной длительной работой при номинальной нагрузке, до предельной температуры согласно Таблицы 7.3.7.

7.3.59. Электрические машины и аппараты с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» в средах со взрывоопасными смесями категории ПС должны быть установлены так, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры не примыкали вплотную в какой-либо поверхности, а находились от нее на расстоянии не менее 50 мм.

7.3.60. Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, сохраняет свои свойства, если находится в среде с взрывоопасной смесью тех категории и группы, для которых выполнена его взрывозащита, или находится в среде с взрывоопасной смесью, отнесенной согласно Таблица 7.3.1 и 7.3.2 к менее опасным категориям и группам.

7.3.61. При установке взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты «заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» должна быть выполнена система вентиляции и контроля избыточного да-

ления, температуры и других параметров, а также должны быть осуществлены все мероприятия в соответствии с требованиями государственного стандарта «Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением» и инструкции по монтажу и эксплуатации на конкретную электрическую машину или аппарат. Кроме того, должны быть выполнены следующие требования:

1. Конструкция фундаментных ям и газопроводов защитного газа должна исключать образование в них непродуваемых зон (мешков) с горючими газами или парами ЛВЖ.

2. Приточные газопроводы к вентиляторам, обеспечивающим электрооборудование защитным газом, должны прокладываться вне взрывоопасных зон.

3. Газопроводы для защитного газа могут прокладываться под полом помещений, в том числе и со взрывоопасными зонами, если приняты меры, исключаящие попадание в эти газопроводы горючих жидкостей.

4. В вентиляционных системах для осуществления блокировок, контроля и сигнализации должны использоваться аппараты, приборы и другие устройства, указанные в инструкциях по монтажу и эксплуатации машины, аппарата. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и подключение без согласования с заводом-изготовителем машины, аппарата не допускаются.

7.3.62. Электрические аппараты с масляным заполнением оболочки с токоведущими частями допускается применять на механизмах в местах, где отсутствуют толчки или приняты меры против выплескивания масла из аппарата.

Таблица 7.3.10.

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин (стационарных и передвижных) в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований пункта 7.3.63.)
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований пункта 7.3.63). Оболочка со степенью защиты IP54*. Искрящие части машины (например, контактные кольца) должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты IP54*

\* До освоения электропромышленностью машин со степенью защиты оболочки IP54 разрешается применять машины со степенью защиты оболочки IP44

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
<i>Стационарные установки</i>	
В-I	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва - для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С. Без средств взрывозащиты - для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54*
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44*
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований пункта 7.3.63), особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований пункта 7.3.63). Оболочка со степенью защиты не менее IP54*
<i>Установки передвижные или являющиеся частью передвижных и ручные переносные</i>	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований пункта 7.3.63), особовзрывобезопасное
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований пункта 7.3.63) Оболочка со степенью защиты не менее IP54*

\* Степень защиты оболочки аппаратов и прибором от проникновения воды (2-я цифра обозначения) допускался изменять в зависимости от условий среды, в которой они устанавливаются.

7.3.63. Во взрывоопасных зонах классов В-II и В-IIa рекомендуется применять электрооборудование, предназначенное для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом.

При отсутствии такого электрооборудования допускается во взрывоопасных зонах класса В-II применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом, а в зонах класса

В-IIa - электрооборудование общего назначения (без взрывозащиты), но имеющее соответствующую защиту оболочки от проникновения пыли.

Применение взрывозащищенного электрооборудования, предназначенного для работы в средах взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом, и элект-



электрооборудования общего назначения с соответствующей степенью защиты оболочки допускается при условии, если температура поверхности электрооборудования, на которую могут осесть горючие пыли или волокна (при работе электрооборудования с номинальной нагрузкой и без наложения пыли), будет не менее чем на 50° С ниже температуры тления пыли для тлеющих пылей или не более двух третей температуры самовоспламенения для нетлеющих пылей.

Таблица 7.3.12.

**Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников в зависимости от класса взрывоопасной зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
<i>Стационарные светильники</i>	
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты Степень защиты IP53*
В-II	Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований пункта 7.3.63)
В-IIa	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований пункта 7.3.63) Степень защиты IP53
<i>Переносные светильники</i>	
В-I, В-Ia	Взрывобезопасное
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований пункта 7.3.63)
В-IIa	Повышенной надежности против взрыва (при соблюдении требований пункта 7.3.63)

\* Допускается изменение степени защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

7.3.64. Взрывозащита электрооборудования наружных аммиачных компрессорных установок выбирается такой же, как и для аммиачных компрессорных установок, расположенных в помещениях. Электрооборудование должно быть защищено от атмосферных воздействий.

7.3.65. Выбор электрооборудования для работы во взрывоопасных зонах должен производиться по Таблицам 7.3.10 - 7.3.12. При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты и более высокой степенью защиты оболочки. Например, вместо электрооборудования уровня «повышенная надежность против взрыва» может быть установлено электрооборудование уровня «взрывобезопасное» или «особовзрывобезопасное».

В зонах, взрывоопасность которых определяется горючими жидкостями, имеющими температуру вспышки выше 61° С (см. пункта 7.3.12), может при-

меняться любое взрывозащищенное электрооборудование для любых категорий и группы, с температурой нагрева поверхности, не превышающей температуру самовоспламенения данного вещества.

### **Электрические машины**

7.3.66. Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классом напряжения до 10 кВ при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки определенные по государственному стандарту «Машины электрические вращающиеся. Классификация степени защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин» соответствуют Таблице 7.3.10 или являются более высокими.

Если отдельные части машины имеют различные уровни взрывозащиты или степени защиты оболочек, то все они должны быть не ниже указанных в Таблице 7.3.10.

7.3.67. Для механизмов, установленных во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II, допускается применение электродвигателей без средств взрывозащиты при следующих условиях:

а) электродвигатели должны устанавливаться вне взрывоопасных зон. Помещение, в котором устанавливаются электродвигатели, должно отделяться от взрывоопасной зоны несгораемой стеной без проемов и несгораемым перекрытием (покрытием) с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, иметь эвакуационный выход и быть обеспеченным вентиляцией с пятикратным обменом воздуха в час;

б) привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

### **Электрические аппараты и приборы**

7.3.68. Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические аппараты и приборы при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты оболочки по Государственным стандартам «Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Оболочки. Степень защиты» соответствуют Таблице 7.3.11 или являются более высокими.

7.3.69. Во взрывоопасных зонах любого класса электрические соединители могут применяться при условии, если они удовлетворяют требованиям Таблицы 7.3.11 для аппаратов, искрящих при нормальной работе.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-IIa допускается применять соединители в оболочке со степенью защиты IP54 при условии, что разрыв у них происходит внутри закрытых розеток.

Установка соединителей допускается только для включения периодически работающих электроприемников (например, переносных светильников). Число соединителей должно быть ограничено необходимым минимумом, и они должны быть расположены в местах, где образование взрывоопасных смесей наименее вероятно.

Искробезопасные цепи могут коммутироваться соединителями общего назначения.

7.3.70. Сборки зажимов рекомендуется выносить за пределы взрывоопасной зоны. В случае технической необходимости установки сборок во взрывоопасной зоне они должны удовлетворять требованиям Таблицы 7.3.11 для стационарных аппаратов, не искрящих при работе.

7.3.71. Предохранители и выключатели осветительных цепей рекомендуется устанавливать вне взрывоопасных зон.

7.3.72. При применении аппаратов и приборов с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» следует руководствоваться следующим:

1. Индуктивность и емкость искробезопасных цепей, в том числе и присоединительных кабелей (емкость и индуктивность которых определяются по характеристикам, расчетом или измерением), не должны превосходить максимальных значений, оговоренных в технической документации на эти цепи. Если документацией предписываются конкретный тип кабеля (провода) и его максимальная длина, то их изменение возможно только при наличии заключения испытательной организации по государственному стандарту «Порядок испытаний, выдачи заключений и свидетельств».

2. В искробезопасные цепи могут включаться изделия, которые предусмотрены технической документацией на систему и имеют маркировку «В комплекте». Допускается включать в эти цепи серийно выпускаемые датчики общего назначения, не имеющие собственного источника тока, индуктивности и емкости и удовлетворяющие подпункту 4. К таким датчикам относятся серийно выпускаемые общего назначения термометры сопротивления, терморезисторы, светодиоды и подобные им изделия, встроенные в защитные оболочки.

3. Цепь, состоящая из серийно выпускаемых общего назначения терморезисторов и гальванометра (милливольтметра), является искробезопасной для любой взрывоопасной среды при условии, что гальванометр не содержит других электрических цепей, в том числе подсвета шкалы.

4. В искробезопасные цепи могут включаться серийно выпускаемые общего назначения переключатели, ключи, сборки зажимов и т. п. при условии, что выполняются следующие требования:

- а) к ним не подключены другие, искробезопасные цепи;
- б) они закрыты крышкой и опломбированы;

в) их изоляция рассчитана на трехкратное номинальное напряжение искробезопасной цепи, но не менее чем на 500 В.

### **Электрические грузоподъемные механизмы**

7.3.73. Электрооборудование кранов, талей, лифтов и т.п., находящихся во взрывоопасных зонах любого класса и участвующих в технологическом процессе, должно удовлетворять требованиям Таблиц 7.3.10 и 7.3.11 для передвижных установок.

7.3.74. Электрооборудование кранов, талей, лифтов и т.п., находящихся во взрывоопасных зонах и не связанных непосредственно с технологическим процессом (например, монтажные краны и тали), должно иметь:

а) во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II - любой уровень взрывозащиты для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей;

б) во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iб - степень защиты оболочки не менее IP33;

в) во взрывоопасных зонах классов В-IIa и В-IIг - степень защиты оболочки не менее IP44.

Применение указанного электрооборудования допускается только при отсутствии взрывоопасных концентраций во время работы крана.

7.3.75. Токоподводы к кранам, таям и т. п. во взрывоопасных зонах любого класса должны выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение.

### **Электрические светильники**

7.3.76. Во взрывоопасных зонах могут применяться электрические светильники при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют Таблица 7.3.12 или являются более высокими.

7.3.77. В помещениях с взрывоопасными зонами любого класса со средой, для которой не имеется светильников необходимого уровня взрывозащиты, допускается выполнять освещение светильниками общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

а) через неоткрывающиеся окна без фрамуг и форточек, снаружи здания, причем при одинарном остеклении окон светильники должны иметь защитные стекла или стеклянные кожухи;

б) через специально устроенные в стене ниши с двойным остеклением и вентиляцией ниш с естественным побуждением наружным воздухом;

в) через фонари специального типа со светильниками, установленными в потолке с двойным остеклением и вентиляцией фонарей с естественным побуждением наружным воздухом;

г) в коробах, продуваемых под избыточным давлением чистым воздухом. В местах, где возможны поломки стекол, для застекления коробов следует применять небьющееся стекло;

д) с помощью осветительных устройств с щелевыми световодами.

### **Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции**

7.3.78. РУ до 1 кВ и выше, ТП и ПП с электрооборудованием общего назначения (без средств взрывозащиты) запрещается сооружать непосредственно во взрывоопасных зонах любого класса. Они должны располагаться в отдельных помещениях, удовлетворяющих требованиям пунктов 7.3.79 - 7.3.86 настоящих Правил, или снаружи, вне взрывоопасных зон.

Одиночные колонки и шкафы управления электродвигателями с аппаратами и приборами в исполнении, предусмотренном в Таблице 7.3.11, допускается устанавливать во взрывоопасных зонах любого класса. Количество таких колонок и шкафов рекомендуется по возможности ограничивать.

За пределами взрывоопасных зон одиночные аппараты, одиночные колонки и шкафы управления следует применять без средств взрывозащиты.

7.3.79. Трансформаторы могут устанавливаться как внутри подстанции, так и снаружи здания, в котором расположена подстанция.

7.3.80. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП допускается выполнять примыкающими двумя или тремя стенами к взрывоопасным зонам с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Ia и В-Iб и к взрывоопасным зонам классов В-II и В-IIa.

Запрещается их примыкание к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов В-Ia и В-Iб.

7.3.81. РУ, ТП и ПП запрещается размещать непосредственно над и под помещениями со взрывоопасными зонами любого класса (см. также гл. 4.2).

7.3.82. Окна РУ, ТП и ПП, примыкающих к взрывоопасной зоне, рекомендуется выполнять из стеклоблоков толщиной не менее 10 см.

7.3.83. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, примыкающие одной стеной к взрывоопасной зоне, рекомендуется выполнять при наличии взрывоопасных зон с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-I, В-Ia и В-Iб и при наличии взрывоопасных зон классов В-II и В-IIa.

7.3.84. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, питающие установки с тяжелыми или сжиженными горючими газами, как правило, должны сооружаться отдель-

но стоящими, на расстояниях от стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны классов В-I и В-Iа, и от наружных взрывоопасных установок согласно Таблице 7.3.13.

При технико-экономической нецелесообразности сооружения отдельно стоящих зданий для РУ, ТП и ПП допускается сооружение РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне. При этом в РУ, ТП и ПП уровень пола, а также дно кабельных каналов и прямков должны быть выше уровня пола смежного помещения с взрывоопасной зоной и поверхности окружающей земли не менее чем на 0,15 м. Это требование не распространяется на маслосборные ямы под трансформаторами. Должны быть также выполнены требования пункта 7.3.85 настоящих Правил.

7.3.85. РУ, ТП (в том числе КТП) и ПП, примыкающие одной и более стенами к взрывоопасной зоне, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. РУ, ТП и ПП должны иметь собственную, независимую от помещений с взрывоопасными зонами приточно-вытяжную вентиляционную систему. Вентиляционная система должна быть выполнена таким образом, чтобы через вентиляционные отверстия в РУ, ТП и ПП не проникали взрывоопасные смеси (например, с помощью соответствующего расположения устройств для приточных и вытяжных систем).

2. В РУ, ТП и ПП, примыкающих одной стеной к взрывоопасной зоне класса В-I, а также к взрывоопасным зонам с тяжелыми или сжиженными горючими газами классов

В-Iа и В-Iб, должна быть предусмотрена приточная вентиляция с механическим побуждением с пятикратным обменом воздуха в час, обеспечивающая в РУ, ТП и ПП небольшое избыточное давление, исключающее доступ в них взрывоопасных смесей.

Приемные устройства для наружного воздуха должны размещаться в местах, где исключено образование взрывоопасных смесей.

3. Стены РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны, должны быть выполнены из негорючего материала и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, быть пылегазонепроницаемыми, не иметь дверей и окон.

4. В стенах РУ, ТП и ПП, к которым примыкают взрывоопасные зоны с легкими горючими газами и ЛВЖ классов В-Iа и В-Iб, а также взрывоопасные зоны классов В-II и

В-IIа, допускается устраивать отверстия для ввода кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и ПП. Вводные отверстия должны быть плотно заделаны негорючими материалами.

Ввод кабелей и труб электропроводки в РУ, ТП и ПП из взрывоопасных зон класса В-I и из взрывоопасных зон с тяжелыми или сжиженными горючими га-

ими классов В-Ia и В-Iб должен выполняться через наружные стены или через смежные стены помещений без взрывоопасных зон.

5. Выходы из РУ, ТП и ПП должны выполняться в соответствии с КМК «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений».

6. Расстояния по горизонтали и вертикали от наружных дверей и окон РУ, ТП и ПП до находящихся во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II наружных дверей и окон помещений должны быть не менее 4 м до неоткрывающихся окон и не менее 6 м до дверей и открывающихся окон. Расстояние до окон, заполненных стеклоблоками толщиной 10 см и более, не нормируется.

7.3.86. В ТП и ПП, примыкающих одной и более стенами к взрывоопасной зоне, как правило, следует применять трансформаторы с охлаждением негорючей жидкостью. Трансформаторы с масляным охлаждением должны размещаться в отдельных камерах. Двери камер должны быть с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч, двери камер, оборудованных вентиляцией с механическим побуждением, должны иметь уплотнение притворов; выкатка трансформаторов должна быть предусмотрена только наружу.

Герметичные трансформаторы с усиленным баком, без расширителя, с закрытыми вводами и выводными устройствами (например, трансформаторы КТП и КПП), с охлаждением негорючей жидкостью и маслом допускается размещать в общем помещении с РУ до 1 кВ и выше, не отделяя трансформаторы от РУ перегородками.

Выкатка трансформаторов из помещений КТП и КПП должна быть предусмотрена наружу или в смежное помещение.

7.3.87. Расстояния от наружных взрывоопасных установок и стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны всех классов, за исключением классов В-Iб и В-IIa, до отдельно стоящих РУ, ТП и ПП должны приниматься по Таблице 7.3.13. Расстояния от стен помещений, к которым примыкают взрывоопасные зоны классов В-Iб и В-IIa, до отдельно стоящих РУ, ТП и ПП следует принимать в соответствии с КМК «Генеральные планы промышленных предприятий» в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений.

7.3.88. В отдельно стоящих РУ, ТП и ПП, питающих электроустановки с тяжелыми или сжиженными горючими газами и расположенных за пределами расстояний, указанных в Таблице 7.3.13, не требуется выполнять подъем полов и предусматривать приточную вентиляцию с механическим побуждением.

7.3.89. Если для отдельно стоящих РУ, ТП и ПП выполнены требования пунктов 7.3.84 и подпунктов 2, 6 пункта 7.3.85 настоящих Правил, при наличии тяжелых или сжиженных горючих газов или подпункта 6 пункта 7.3.85 настоящих Правил, при наличии легких горючих газов и ЛВЖ, то такие РУ, ТП и ПП допускается располагать на любом расстоянии от взрывоопасных установок, но

не менее расстояния, указанного в КМК «Генеральные планы промышленных предприятий» (см. также пункт 7.3.87 настоящих Правил).

7.3.90. Прокладывать трубопроводы с пожаро- и взрывоопасными, а также с вредными и едкими веществами через РУ, ТП и ПП запрещается.

7.3.91. К помещениям щитов и пультов управления КИПиА, примыкающим одной и более стенами к взрывоопасной зоне или отдельно стоящим, предъявляются те же требования, что и к аналогично размещаемым помещениям РУ.

Таблица 7.3.13.

**Минимальное допустимое расстояние от отдельно стоящих РУ, ТП и ПП до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок**

Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние	Расстояние от РУ, ТП и ПП, м	
	закрытых	открытых
<i>С тяжелыми или сжиженными горючими газами</i>		
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из системы вытяжной вентиляции	10	15
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами	40	60
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	60	80
Резервуары (газгольдеры), сливно-наливные эстакады с открытым сливом или наливом	80	100
<i>С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами</i>		
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	Не нормируется	0,8 (до открытых установленных трансформаторов)
Помещения с выходящей в сторону РУ, ТП и ПП стеной с проемами	6	15
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий	12	25
Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ	15	25
Сливно-наливные эстакады с открытым сливом или наливом ЛВЖ	30	60
Резервуары с ЛВЖ	30	60
Резервуары (газгольдеры) с горючими газами	40	60



Примечания: 1. Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений, в которых взрывоопасная зона занимает весь объем помещения, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных взрывоопасных установок до стен закрытых и до ограждений открытых РУ, ТП и ПП. Расстояния до подземных резервуаров, а также до стен ближайших помещений, к которым примыкает взрывоопасная зона, занимающая неполный объем помещения, могут быть уменьшены на 50%.

2. Для рационального использования и экономии земель отдельно стоящие РУ, ТП и ПП (для помещений с взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок с легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами) допускается применять в порядке исключения, когда по требованиям технологии не представляется возможным применять РУ, ТП и ПП, примыкающие к взрывоопасной зоне.

3. Установки со сниженным аммиаком следует относить к установкам с легкими горючими газами и ЛВЖ.

### **Электропроводки, токопроводы и кабельные линии**

7.3.92. Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, таям и т.п., запрещается.

7.3.93. Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia должны применяться провода и кабели с медными жилами. Во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

7.3.94. Проводники силовых, осветительных и вторичных цепей в сетях до 1 кВ во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa должны быть защищены от перегрузок и КЗ, а их сечения должны выбираться в соответствии с Главой 3.1 ПУЭ. Раздел III, но быть не менее сечения, принятого по расчетному току.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iб и В-Iг защита проводов и кабелей и выбор сечений должны производиться как для невзрывоопасных установок.

7.3.95. Провода и кабели в сетях выше 1 кВ, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса, должны быть проверены по нагреву током КЗ.

7.3.96. Защита питающих линий и присоединенных к ним электроприемников выше 1 кВ должна удовлетворять требованиям глав 3.2 ПУЭ. Раздел III и 5.3 ПУЭ. Раздел V. Защита от перегрузок должна выполняться во всех случаях независимо от мощности электроприемника.

В отличие от требований пунктов 5.3.46 и 5.3.49 ПУЭ. Раздел V защита от многофазных КЗ и от перегрузки должна предусматриваться двухрелейной,

7.3.97. Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором до 1 кВ должны быть во всех случаях (кроме находящихся во взрывоопасных зонах классов В-Іб и В-Іг) защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125% номинального тока электродвигателя.

7.3.98. Для электрического освещения во взрывоопасных зонах класса В-І должны применяться двухпроводные групповые линии (см. также пункт 7.3.135 настоящих Правил).

7.3.99. Во взрывоопасных зонах класса В-І в двухпроводных линиях с PEN проводником должны быть защищены от токов КЗ фазный и PEN проводники. Для одновременного отключения фазного и PEN проводников должны применяться двухполюсные выключатели.

7.3.100. PEN и PE проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

7.3.101. Гибкий токопровод до 1 кВ во взрывоопасных зонах любого класса следует выполнять переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой маслобензиностойкой оболочке, не распространяющей горение.

7.3.102. Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться:

- а) провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией;
- б) кабели с резиновой, поливинилхлоридной и бумажной изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.

Применение кабелей с алюминиевой оболочкой во взрывоопасных зонах классов В-І и В-Іа запрещается.

Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой запрещается во взрывоопасных зонах всех классов.

7.3.103. Соединительные, ответвительные и проходные коробки для электропроводок должны:

а) во взрывоопасной зоне класса В-І - иметь уровень «взрывобезопасное электрооборудование» и соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси;

б) во взрывоопасной зоне класса В-ІІ - быть предназначенными для взрывоопасных зон со смесями горючих пылей или волокон с воздухом. Допускается применение коробок с уровнем «взрывобезопасное электрооборудование» с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка», предназначенных для газопаровоздушных смесей любых категорий и групп;

в) во взрывоопасных зонах классов В-Іа и В-Іг - быть взрывозащищенными для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей. Для осветительных сетей допускается применение коробок в оболочке со степенью защиты IP65;

г) во взрывоопасных зонах классов В-Іб и В-Іа - иметь оболочку со степенью защиты IP54. До освоения промышленностью коробок со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться коробки со степенью защиты оболочки IP44.

7.3.104. Ввод проложенных в трубе проводов в машины, аппараты, светильники и т.п., должен выполняться совместно с трубой, при этом в трубе на вводе должно быть установлено разделительное уплотнение, если в вводном устройстве машины, аппарата или светильника такое уплотнение отсутствует.

7.3.105. При переходе труб электропроводки из помещения со взрывоопасной зоной класса В-І или В-Іа в помещение с нормальной средой, или во взрывоопасную зону другого класса, с другой категорией или группой взрывоопасной смеси, или наружу труба с проводами в местах прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение в специально для этого предназначенной коробке.

Во взрывоопасных зонах классов В-Іб, В-ІІ и В-Іа установка разделительных уплотнений не требуется.

Разделительные уплотнения устанавливаются:

а) в непосредственной близости от места входа трубы во взрывоопасную зону;

б) при переходе трубы из взрывоопасной зоны одного класса во взрывоопасную зону другого класса - в помещении взрывоопасной зоны более высокого класса;

в) при переходе трубы из одной взрывоопасной зоны в другую такого же класса - в помещении взрывоопасной зоны с более высокой категорией и группой взрывоопасной смеси.

Допускается установка разделительных уплотнений со стороны невзрывоопасной зоны или снаружи, если во взрывоопасной зоне установка разделительных уплотнений невозможна.

7.3.106. Использование соединительных и ответвительных коробок для выполнения разделительных уплотнений не допускается.

7.3.107. Разделительные уплотнения, установленные в трубах электропроводки, должны испытываться избыточным давлением воздуха 250 кПа (около 2,5 ат) в течение 3 мин. При этом допускается падение давления не более чем до 200 кПа (около 2 ат).

7.3.108. Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто (на конструкциях, стенах, в каналах, туннелях и т. п.), не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум, хлопчатобумажная оплетка и т. п.).

7.3.109. Длину кабелей выше 1 кВ, прокладываемых во взрывоопасных зонах любого класса, следует по возможности ограничивать.

7.3.110. При прокладке кабелей во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа с тяжелыми или сжиженными горючими газами следует, как правило, избегать устройства кабельных каналов. При необходимости устройства каналов они должны быть засыпаны песком.

Допустимые длительные токи на кабели, засыпанные песком, должны приниматься по соответствующим таблицам гл.1.3, как для кабелей, проложенных в воздухе, с учетом поправочных коэффициентов на число работающих кабелей по Таблице 1.3.26.

7.3.111. Во взрывоопасных зонах любого класса запрещается устанавливать соединительные и ответвительные кабельные муфты, за исключением искробезопасных цепей.

7.3.112. Вводы кабелей в электрические машины и аппараты должны выполняться при помощи вводных устройств. Места вводов должны быть уплотнены.

Ввод трубных электропроводок в машины и аппараты, имеющие вводы только для кабелей, запрещается.

Во взрывоопасных зонах классов В-Iа и В-IIа для машин большой мощности, не имеющих вводных муфт, допускается концевые заделки всех видов устанавливать в шкафах со степенью защиты IP54, расположенных в местах, доступных лишь для обслуживающего персонала, и изолированных от взрывоопасной зоны (например, в фундаментных ямах, отвечающих требованиям пункта 7.3.61 настоящих Правил).

7.3.113. Если во взрывоопасной зоне кабель проложен в стальной трубе, то при переходе трубы из этой зоны в невзрывоопасную зону или в помещение со взрывоопасной зоной другого класса либо с другой категорией или группой взрывоопасной смеси труба с кабелем в месте прохода через стену должна иметь разделительное уплотнение и удовлетворять требованиям пунктов 7.3.105 и 7.3.107 настоящих Правил.

Разделительное уплотнение не ставится, если:

а) труба с кабелем выходит наружу, а кабели прокладываются далее открыто;

б) труба служит для защиты кабеля в местах возможных механических воздействий и оба конца ее находятся в пределах одной взрывоопасной зоны.

7.3.114. Отверстия в стенах и в полу для прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

7.3.115. Через взрывоопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 5 м по горизонтали и вертикали от взрывоопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) транзитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений. Допускается их прокладка на расстоянии менее 5 м по горизонтали и вертикали

от взрывоопасной зоны при выполнении дополнительных защитных мероприятий, например прокладка в трубах, в закрытых коробах, в полах.

7.3.116. В осветительных сетях в помещениях со взрывоопасной зоной класса В-I прокладка групповых линий запрещается. Разрешается прокладывать только ответвления от групповых линий.

В помещениях со взрывоопасными зонами классов В-Ia, В-Iб, В-II и В-IIa групповые осветительные линии рекомендуется прокладывать также вне взрывоопасных зон. В случае затруднения в выполнении этой рекомендации (например, в производственных помещениях больших размеров) количество устанавливаемых во взрывоопасных зонах на этих линиях соединительных и ответвительных коробок должно быть по возможности минимальным.

7.3.117. Электропроводки, присоединяемые к электрооборудованию с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь», должны удовлетворять следующим требованиям:

1) искробезопасные цепи должны отделяться от других цепей с соблюдением требований государственных стандартов;

2) использование одного кабеля для искробезопасных и искроопасных цепей не допускается;

3) провода искробезопасных цепей высокой частоты не должны иметь петьель;

4) изоляция проводов искробезопасных цепей должна иметь отличительный синий цвет. Допускается маркировать синим цветом только концы проводов;

5) провода искробезопасных цепей должны быть защищены от наводок, нарушающих их искробезопасность.

7.3.118. Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах приведены в Таблице 7.3.14.

7.3.119. Применение шинопроводов во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa запрещается.

Во взрывоопасных зонах классов В-Ia и В-Iб применение шинопроводов допускается при выполнении следующих условий:

а) шины должны быть изолированы;

б) во взрывоопасных зонах класса В-Ia шины должны быть медными;

в) неразъемные соединения шин должны быть выполнены сваркой или опрессовкой;

г) болтовые соединения (например, в местах присоединения шин к аппаратам и между секциями) должны иметь приспособления, не допускающие самоотвинчивания;

д) шинопроводы должны быть защищены металлическими кожухами, обеспечивающими степень защиты не менее IP31. Кожухи должны открываться только при помощи специальных (торцевых) ключей.

### Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах

Кабели и провода.	Способ прокладки	Сети выше 1 кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1 кВ	Осветительные сети до 380 В
Бронированные кабели  Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках	Открыто - по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в каналах; скрыто в земле (траншеях), в блоках	В зонах любого класса		
	Открыто - при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях, в лотках, на тросах В каналах пылеуплотненных (например, покрытых асфальтом) или засыпанных песком Открыто - в коробах Открыто и скрыто - в стальных водогазопроводных трубах	В-1б, В-IIа, В-1г	В-1б, В-IIа, В-1г	В-1а, В-1б, В-IIа, В-1г
		В-II, В-IIа	В-II, В-IIа	В-II, В-IIа
		В-1б, В-1г	В-1а, В-1б, В-1г	В-1а, В-1б, В-1г
Изолированные провода	То же	То же		

Примечание: Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешается все перечисленные в таблице способы прокладки проводов и кабелей

7.3.120. Наружную прокладку кабелей между взрывоопасными зонами рекомендуется выполнять открыто: на эстакадах, тросах, по стенам зданий и т.п., избегая по возможности прокладки в подземных кабельных сооружениях (каналах, блоках, туннелях) и траншеях.

7.3.121. По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ помимо кабелей, предназначенных для собственных нужд (для управления задвижками трубопроводов, сигнализации, диспетчеризации и т.п.), допускается проклады-

нить до 30 бронированных и небронированных силовых и контрольных кабелей, стальных водогазопроводных труб с изолированными проводами.

Небронированные кабели должны прокладываться в стальных водогазопроводных трубах или в стальных коробах.

Бронированные кабели следует применять в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках, не распространяющих горение. Рекомендуется эти кабели выбирать без подушки. При этом стальные трубы электропроводки, стальные трубы и короба с небронированными кабелями и бронированные кабели следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

Строительные конструкции эстакад и галерей должны соответствовать требованиям Главы 2.3 ПУЭ. Раздел II.

При числе кабелей более 30 следует прокладывать их по кабельным эстакадам и галереям (см. Главу 2.3 ПУЭ. Раздел II). Допускается сооружать кабельные эстакады и галереи на общих строительных конструкциях с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ при выполнении противопожарных мероприятий. Допускается прокладка небронированных кабелей.

7.3.122. Кабельные эстакады могут пересекать эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ как сверху, так и снизу независимо от плотности по отношению к воздуху транспортируемых газов.

При количестве кабелей до 15 в месте пересечения допускается не сооружать кабельных эстакад; кабели могут прокладываться в трубном блоке или в плотно закрывающемся стальном коробе с толщиной стенки короба не менее 1,5 мм.

7.3.123. Кабельные эстакады и их пересечения с эстакадами трубопроводов с горючими газами и ЛВЖ должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Все конструктивные элементы кабельных эстакад (стойки, настил, ограждения, крыша и др.) должны сооружаться из негорючих материалов.

2. На участке пересечения плюс до 1,5 м в обе стороны от внешних габаритов эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ кабельная эстакада должна быть выполнена в виде закрытой галереи. Пол кабельной эстакады при прохождении ее ниже эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ должен иметь отверстия для выхода попавших внутрь нее тяжелых газов.

Ограждающие конструкции кабельных эстакад, пересекающихся с эстакадами с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ, должны быть негорючими и соответствовать требованиям Главы 2.3 ПУЭ. Раздел II.

3. На участке пересечения эстакады с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ не должны иметь ремонтных площадок и на трубопроводах не должно быть фланцевых соединений, компенсаторов, запорной арматуры и т.п.

4. В местах пересечения на кабелях не должны устанавливаться кабельные муфты.

5. Расстояние в свету между трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и кабельной эстакадой или трубным блоком с кабелями либо электротехническими коммуникациями должно быть не менее 0,5 м.

7.3.124. Наружные кабельные каналы допускается сооружать на расстоянии не менее 1,5 м от стен помещений со взрывоопасными зонами всех классов. В месте входа во взрывоопасные зоны этих помещений каналы должны засыпаться песком по длине не менее 1,5 м.

7.3.125. В кабельных каналах, проходящих во взрывоопасной зоне класса В-Гг или по территории от одной взрывоопасной зоны до другой, через каждые 100 м должны быть установлены песочные перемычки длиной не менее 1,5 м по верху.

7.3.126. Во взрывоопасных зонах любого класса допускается прокладка кабелей в блоках. Выводные отверстия для кабелей из блоков и стыки блоков должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

7.3.127. Сооружение кабельных туннелей на предприятиях с наличием взрывоопасных зон не рекомендуется. При необходимости кабельные туннели могут сооружаться при выполнении следующих условий:

1. Кабельные туннели должны прокладываться, как правило, вне взрывоопасных зон.

2. При подходе к взрывоопасным зонам кабельные туннели должны быть отделены от них несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости 0,75 ч.

3. Отверстия для кабелей и труб электропроводки, вводимых во взрывоопасную зону, должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

4. В кабельных туннелях должны быть выполнены противопожарные мероприятия (см. пункт 2.3.122 ПУЭ. Раздел II).

5. Выходы из туннеля, а также выходы вентиляционных шахт туннеля должны находиться вне взрывоопасных зон.

7.3.128. Открытые токопроводы до 1 кВ и выше гибкой и жесткой конструкций допускается прокладывать по территории предприятия со взрывоопасными зонами на специально для этого предназначенных эстакадах или опорах.

Прокладывать открытые токопроводы на эстакадах с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и эстакадах КИП и А запрещается.

7.3.129. Токопроводы до 10 кВ в оболочке со степенью защиты IP54 могут прокладываться по территории предприятия со взрывоопасными зонами на специальных эстакадах, эстакадах с трубопроводами с горючими газами и ЛВЖ и эстакадах КИПиА, если отсутствует возможность вредных наводок на цепи КИПиА от токопроводов. Токопроводы следует прокладывать на расстоянии не



менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

7.3.130. Минимально допустимые расстояния от токопроводов до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок приведены в Таблице 7.3.15.

Таблица 7.3.15.

**Минимальное допустимое расстояние от токопроводов (гибких и жестких) и от кабельных эстакад с транзитными кабелями до помещений с взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок**

Помещения со взрывоопасными зонами и наружные взрывоопасные установки, до которых определяется расстояние	Расстояние, м	
	от токопроводов	от кабельных эстакад
<i>С тяжелыми или сжиженными горючими газами</i>		
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	10	Не нормируется
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами	20	9
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	30	9
Резервуары (газгольдеры)	50	20
<i>С легкими горючими газами и ЛВЖ, с горючими пылью или волокнами</i>		
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад несгораемой стеной без проемов и устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции	10 или 6 (см. примечание, пункт 2)	Не нормируется
Помещения с выходящей в сторону токопроводов и кабельных эстакад стеной с проемами	15	9 или 6 (см. примечание, подпункт 2)
Наружные взрывоопасные установки, установки, расположенные у стен зданий (в том числе емкости)	25	9
Сливно-наливные эстакады с закрытым сливом или наливом ЛВЖ	25	20
Резервуары (газгольдеры) с горючими газами	25	20

Примечания: 1. Проезд пожарных автомобилей к кабельной эстакаде допускается с одной стороны эстакады.

2. Минимально допустимые расстояния 6 м применяются до зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости со взрывоопасными производствами при соблюдении условий, оговоренных в КМК по проектированию генеральных планов промышленных предприятий.

3. Расстояния, указанные в таблице, считаются от стен помещений со взрывоопасными зонами, от стенок резервуаров или от наиболее выступающих частей наружных установок.

7.3.131. Допустимые расстояния от кабельных эстакад до помещений со взрывоопасными зонами и до наружных взрывоопасных установок:

а) с транзитными кабелями - см. Таблицу 7.3.15;

б) с кабелями, предназначенными только для данного производства (здания), - не нормируются.

Торцы ответвлений от кабельных эстакад для подвода кабелей к помещениям со взрывоопасными зонами или к наружным взрывоопасным установкам могут примыкать непосредственно к стенам помещений со взрывоопасными зонами и к наружным взрывоопасным установкам.

### Заземление

7.3.132. На взрывоопасные зоны любого класса в помещениях и на наружные взрывоопасные установки распространяются приведенные в пункте 1.7.38 ПУЭ. Раздел I требования о допустимости применения в электроустановках до 1 кВ глухозаземленной или изолированной нейтрали. При изолированной нейтрали должен быть обеспечен автоматический контроль изоляции сети с действием на сигнал и контроль исправности пробивного предохранителя.

7.3.133. Во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia и В-II рекомендуется применять защитное отключение (см. Главу 1.7 ПУЭ. Раздел I). Во взрывоопасных зонах любого класса должно быть выполнено уравнивание потенциалов согласно пункту 1.7.47 ПУЭ. Раздел I.

7.3.134. Во взрывоопасных зонах любого класса подлежат заземлению также:

а) в дополнении пункта 1.7.33 ПУЭ. Раздел I - электроустановки при всех напряжениях переменного и постоянного тока;

б) электрооборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях, которые в соответствии с подпункта 1 пункта 1.7.48 ПУЭ. Раздел I, в невзрывоопасных зонах разрешается не заземлять. Это требование не относится к электрооборудованию, установленному внутри заземленных корпусов шкафов и пультов.

В качестве заземляющих защитных проводников должны быть использованы проводники, специально предназначенные для этой цели.

7.3.135. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью заземление электрооборудования должно осуществляться:

а) в силовых сетях во взрывоопасных зонах любого класса - отдельной жилой кабеля или провода;

б) в осветительных сетях во взрывоопасных зонах любого класса, кроме класса

В-I,- на участке от светильника до ближайшей ответвительной коробки - отдельным проводником, присоединенным к PEN проводнику в ответвительной коробке;

в) в осветительных сетях во взрывоопасной зоне класса В-I - отдельным проводником, проложенным от светильника до ближайшего группового щитка;

г) на участке сети от РУ и ТП, находящихся вне взрывоопасной зоны, до щита, сборки, распределительного пункта и т. п., также находящихся вне взрывоопасной зоны, от которых осуществляется питание электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах любого класса, допускается в качестве РЕ проводника использовать алюминиевую оболочку питающих кабелей.

7.3.136. РЕ проводники во всех звеньях сети должны быть проложены в общих оболочках, трубах, коробах, пучках с фазными проводниками.

7.3.137. В электроустановках до 1 кВ и выше с изолированной нейтралью заземляющие проводники допускается прокладывать как в общей оболочке с фазными, так и отдельно от них.

Магистралы заземления должны быть присоединены к заземлителям в двух или более разных местах и по возможности с противоположных концов помещения.

7.3.138. Использование металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и т.п. в качестве заземляющих защитных проводников допускается только как дополнительное мероприятие.

7.3.139. В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью в целях обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость РЕ проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или РЕ проводник возник ток КЗ, превышающий не менее чем в 4 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя и не менее чем в 6 раз ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратозависимую от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (без выдержки времени), следует руководствоваться требованиями, касающимися кратности тока КЗ и приведенными в пункте 1.7.79 ПУЭ. Раздел I.

7.3.140. Расчетная проверка полного сопротивления петли фаза - нуль в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью должна предусматриваться для всех электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах классов В-I и В-II, и выборочно (но не менее 10% общего количества) для электроприемников, расположенных во взрывоопасных зонах клас-

сов В-Ia, В-Iб, В-Iг и В-IIa и имеющих наибольшее сопротивление петли фаза нуль.

7.3.141. Проходы специально проложенных заземляющих защитных проводников через стены помещений со взрывоопасными зонами должны производиться в отрезках труб или в проемах. Отверстия труб и проемов должны быть уплотнены негоряемыми материалами. Соединение заземляющих защитных проводников в местах проходов не допускается.

### **Молниезащита и защита от статического электричества**

7.3.142. Защита зданий, сооружений и наружных установок, имеющих взрывоопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений должна выполняться в соответствии с КМК «Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений».

7.3.143. Защита установок от статического электричества должна выполняться в соответствии с действующими нормативными документами.

## **Глава 7.4 Электроустановки в пожароопасных зонах**

### **Область применения**

7.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на электроустановки, размещаемые в пожароопасных зонах внутри и вне помещений. Эти электроустановки должны удовлетворять также требованиям других разделов Правил в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

Выбор и установка электрооборудования (машин, аппаратов, устройств) и сетей для пожароопасных зон выполняются в соответствии с настоящей главой Правил на основе классификации горючих материалов (жидкостей, пылей и волокон).

Требования к электроустановкам жилых и общественных зданий приведены в Главе 7.1 настоящих Правил, а к электроустановкам зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений - в Главе 7.2 настоящих Правил.

### **Определения. Общие требования**

7.4.2. Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Классификация пожароопасных зон приведена в пунктах 7.4.3-7.4.6 настоящих Правил.

7.4.3. Зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше  $61^{\circ}\text{C}$  (см. пункт 7.3.12 настоящих Правил).

7.4.4. Зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более  $65\text{ г/м}^3$  к объему воздуха.

7.4.5. Зоны класса П-IIа - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

7.4.6. Зоны класса П-III - расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше  $61^{\circ}\text{C}$  или твердые горючие вещества.

7.4.7. Зоны в помещениях и зоны наружных установок в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от аппарата, в которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества, но технологический процесс ведется с применением открытого огня, раскаленных частей либо технологические аппараты имеют поверхности, нагретые до температуры самовоспламенения горючих паров, пылей или волокон, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным. Класс среды в помещениях или среды наружных установок за пределами указанной 5-метровой зоны следует определять в зависимости от технологических процессов, применяемых в этой среде.

Зоны в помещениях и зоны наружных установок, в которых твердые, жидкие и газообразные горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным.

7.4.8. Зоны в помещениях вытяжных вентиляторов, а также в помещениях приточных вентиляторов (если приточные системы работают с применением рециркуляции воздуха), обслуживающих помещения с пожароопасными зонами класса П-II, относятся также к пожароопасным зонам класса П-II.

Зоны в помещениях вентиляторов местных отсосов относятся к пожароопасным зонам того же класса, что и обслуживаемая ими зона.

Для вентиляторов, установленных за наружными ограждающими конструкциями и обслуживающих пожароопасные зоны класса П-II и пожароопасные зоны любого класса местных отсосов, электродвигатели выбираются как для пожароопасной зоны класса П-III.

7.4.9. Определение границ и класса пожароопасных зон должно производиться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

В помещениях с производствами (и складами) категории В электрооборудование должно удовлетворять, как правило, требованиям Главы 7.4 настоящих Правил к электроустановкам в пожароопасных зонах соответствующего класса.

7.4.10. При размещении в помещениях или наружных установках единичного пожароопасного оборудования, когда специальные меры против распространения пожара не предусмотрены, зона в пределах до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования является пожароопасной.

7.4.18. При выборе электрооборудования, устанавливаемого в пожароопасных зонах, необходимо учитывать также условия окружающей среды (химическую активность, атмосферные осадки и т.п.).

7.4.12. Неподвижные контактные соединения в пожароопасных зонах любого класса должны выполняться сваркой, опрессовкой, пайкой, свинчиванием или иным равноценным способом. Разборные контактные соединения должны быть снабжены приспособлением для предотвращения самоотвинчивания.

7.4.13. Защита зданий, сооружений и наружных установок, содержащих пожароопасные зоны, от прямых ударов молнии и вторичных ее проявлений, а также заземление установленного в них оборудования (металлических сосудов, трубопроводов и т. п.), содержащего горючие жидкости, порошкообразные или волокнистые материалы и т. п., для предотвращения искрения, обусловленного статическим электричеством, должны выполняться в соответствии с действующими нормативами по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений и защиты установок от статического электричества.

В пожароопасных зонах любого класса должны быть предусмотрены меры для снятия статических зарядов с оборудования.

7.4.14. Заземление электрооборудования в пожароопасных зонах должно выполняться в соответствии с Главой 1.7 ПУЭ. Раздел 1.

### **Электрические машины**

7.4.15. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты в соответствии с государственным стандартом «Машины электрические вращающиеся. Классификация степени защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин» не менее указанной в Таблице 7.4.1.

В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом с вентиляцией по замкнутому или разомкнутому циклу. При вентиляции по замкнутому циклу в системе вентиляции

должно быть предусмотрено устройство для компенсации потерь воздуха и создания избыточного давления в машинах и воздуховодах.

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой машины устанавливаются.

До освоения электропромышленностью крупных синхронных машин, машин постоянного тока и статических преобразовательных агрегатов в оболочке со степенью защиты IP44 допускается применять в пожароопасных зонах класса П-IIa машины и агрегаты со степенью защиты оболочки не менее IP20.

7.4.16. Воздух для вентиляции электрических машин не должен содержать паров и пыли горючих веществ. Выброс отработавшего воздуха при разомкнутом цикле вентиляции в пожароопасную зону не допускается.

Таблица 7.4.1.

**Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических машин в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Стационарно установленные машины, искрящие или с искрящими частями по условиям работы	IP44	IP54*	IP44	IP44
Стационарно установленные машины, не искрящие и без искрящих частей по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Машины с частями, искрящими и не искрящими по условиям работы, установленные на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.)	IP44	IP54*	IP44	IP44

\* До освоения электропромышленностью машин со степенью оболочки IP54 могут применяться машины со степенью защиты оболочки IP44

7.4.17. Электрооборудование переносного электрифицированного инструмента в пожароопасных зонах любого класса должно быть, со степенью защиты оболочки не менее IP44; допускается степень защиты оболочки IP33 при условии выполнения специальных технологических требований к ремонту оборудования в пожароопасных зонах.

7.4.18. Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы (например, электродвигатели с контактными кольцами), должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от мест размещения горючих веществ или отделяться от них несгораемым экраном.

7.4.19. Для механизмов, установленных в пожароопасных зонах, допускается применение электродвигателей с меньшей степенью защиты оболочки, чем указано в Таблице 7.4.1, при следующих условиях:

электродвигатели должны устанавливаться вне пожароопасных зон; привод механизма должен осуществляться при помощи вала, пропущенного через стену, с устройством в ней сальникового уплотнения.

### Электрические аппараты и приборы

7.4.20. В пожароопасных зонах могут применяться электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты оболочки в соответствии с государственным стандартом «Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Оболочки. Степень защиты» не менее указанной в Таблице 7.4.2.

Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой аппараты и приборы устанавливаются.

7.4.21. Аппараты и приборы, устанавливаемые в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки, чем указано в Таблице 7.4.2 (в том числе исполнение IP00), при условии, что шкафы имеют степень защиты оболочки не ниже указанной в Таблице 7.4.2 для данной пожароопасной зоны.

7.4.22. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, продуваемые чистым воздухом под избыточным давлением.

Таблица 7.4.2.

#### Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
	II-I	II-II	II-IIa	II-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.), искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящие по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54* IP44**	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

\* При установке в них аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы. До освоения электропромышленностью шкафов со степенью защиты оболочки IP54 могут применяться шкафы со степенью защиты оболочки IP44.

\*\* При установке в них аппаратов и приборов, не искрящих по условиям работы.



7.4.23. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться аппараты и приборы в маслонаполненном исполнении (за исключением кислородных установок и подъемных механизмов, где применение этих аппаратов и приборов запрещается).

7.4.24. Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветных металлов.

Электроустановки запираемых складских помещений, в которых есть пожароопасные зоны любого класса, должны иметь аппараты для отключения извне силовых и осветительных сетей независимо от наличия отключающих аппаратов внутри помещений. Отключающие аппараты должны быть установлены в ящике из негорячего материала с приспособлением для пломбирования на ограждающей конструкции из негорячего материала, а при ее отсутствии — на отдельной опоре.

Отключающие аппараты должны быть доступны для обслуживания в любое время суток.

7.4.25. Если в пожароопасных зонах любого класса по условиям производства необходимы электронагревательные приборы, то нагреваемые рабочие части их должны быть защищены от соприкосновения с горючими веществами, а сами приборы установлены на поверхности из негорючего материала. Для защиты от теплового излучения электронагревательных приборов необходимо устанавливать экраны из негорячих материалов.

В пожароопасных зонах любого класса складских помещений, а также в зданиях архивов, музеев, галерей, библиотек (кроме специально предназначенных помещений, например буфетов) применение электронагревательных приборов запрещается.

### **Электрические грузоподъемные механизмы**

7.4.26. Степень защиты оболочки электрооборудования, применяемого для кранов, талей и аналогичных им механизмов, должна соответствовать Таблицам 7.4.1—7.4.3.

7.4.27. Токопровод подъемных механизмов (кранов, талей и т. п.) в пожароопасных зонах классов П-I и П-II должен выполняться переносным гибким кабелем с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде. В пожароопасных зонах классов П-IIа и П-III допускается применение троллеев и троллейных шинопроводов, но они не должны быть расположены над местами размещения горючих веществ.

**Минимальные допустимые степени защиты светильников  
в зависимости от класса пожароопасной зоны**

Источники света, устанавливаемые в светильниках	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа, а также П-II при наличии мест- ных нижних отсосов и общеобменной вентиляции	П-III
Лампы накаливания	IP53	IP53	2'3	2'3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5'3	5'3	IP23	IP23

Примечание. Допускается изменять степень защиты оболочки от проникновения воды (2-я цифра обозначения) в зависимости от условий среды, в которой устанавливаются светильники.

**Распределительные устройства, трансформаторные  
и преобразовательные подстанции**

7.4.28. Установка РУ до 1 кВ и выше в пожароопасных зонах любого класса не рекомендуется. При необходимости установки РУ в пожароопасных зонах степень защиты его элементов (шкафов и т. п.) должна соответствовать Таблице 7.4.2.

7.4.29. В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также зданий и помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, допускается на участках, огражденных сетками, открытая установка КТП, КПП с трансформаторами сухими или с негорючим заполнением, а также комплектных конденсаторных установок (далее ККУ) с негорючим заполнением конденсаторов. При этом степень защиты оболочки шкафов КТП, КПП и ККУ должна быть не менее IP41. Расстояние от КТП, КПП и ККУ до ограждения принимается в соответствии с Главой 4.2 ПУЭ. Раздел IV.

В пожароопасных зонах любого класса, за исключением пожароопасных зон в складских помещениях, а также помещений архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, могут размещаться встроенные или пристроенные КТП и КПП с маслонаполненными трансформаторами и подстанции с маслонаполненными трансформаторами в закрытых камерах, сооружаемые в соответствии с требованиями Главы 4.2 ПУЭ. Раздел IV и пунктом 7.4.30 настоящих Правил.

7.4.30. Подстанции с маслонаполненными трансформаторами могут быть встроенными или пристроенными при выполнении следующих условий:

1. Двери и вентиляционные отверстия камер трансформаторов с масляным заполнением не должны выходить в пожароопасные зоны.

2. Отверстия в стенах и полу в местах прохода кабелей и труб электропроводки должны быть плотно заделаны несгораемыми материалами.

3. Выход из подстанции с маслонаполненными трансформаторами, установленными в камерах, в пожароопасную зону может быть выполнен только из помещения РУ до

1 кВ. При этом дверь должна быть самозакрывающейся и иметь предел огнестойкости не менее 0,6 ч.

4. Выход из помещений КТП и КПП в пожароопасную зону, а также транспортировка трансформаторов КТП и КПП через пожароопасную зону допускаются. При этом дверь предусматривается, как указано в п. 3, а ворота - с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч.

Примечание. РУ, ТП, ПП считаются встроенными, если имеют две или три стены (перегородки), общие со смежными помещениями с пожароопасными зонами, и пристроенными, если имеют только одну стену (перегородку), общую с указанными помещениями.

7.4.31 Электрооборудование с масляным заполнением (трансформаторы, батареи конденсаторов, выключатели и т. н.) может устанавливаться на расстоянии не менее 0,8 м от наружной стены здания с пожароопасными зонами при условии, что расстояние по горизонтали и вертикали от проемов в стене здания до установленного электрооборудования будет не менее 4 м.

### **Электрические светильники**

7.4.32. В пожароопасных зонах должны применяться светильники, имеющие степень защиты не менее указанной в Таблице 7.4.3.

7.4.33. Конструкция светильников с лампами ДРЛ должна исключать выпадение из них ламп. Светильники с лампами накаливания должны иметь сплошное силикатное стекло, защищающее лампу. Они не должны иметь отражателей и рассеивателей из сгораемых материалов. В пожароопасных зонах любого класса складских помещений светильники с люминесцентными лампами не должны иметь отражателей и рассеивателей из горючих материалов.

7.4.34. Электропроводка внутри светильников с лампами накаливания и ДРЛ до места присоединения внешних проводников должна выполняться термостойкими проводами.

7.4.35. Переносные светильники в пожароопасных зонах любого класса должны иметь степень защиты не менее IP54; стеклянный колпак светильника должен быть защищен металлической сеткой.

### **Электропроводки, токопроводы, воздушные и кабельные линии**

7.4.36. В пожароопасных зонах любого класса кабели и провода должны иметь покров и оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

7.4.37. Через пожароопасные зоны любого класса, а также на расстояниях менее 1 м по горизонтали и вертикали от пожароопасной зоны запрещается прокладывать не относящиеся к данному технологическому процессу (производству) гранитные электропроводки и кабельные линии всех напряжений.

7.4.38. В пожароопасных зонах любого класса применение неизолированных проводов запрещается (исключение см. в пунктах 7.4.27, 7.4.43 настоящих Правил).

7.4.39. В пожароопасных зонах любого класса разрешаются все виды прокладок кабелей и проводов. Расстояние от кабелей и изолированных проводов, прокладываемых открыто непосредственно по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т. п. до мест открыто хранимых (размещаемых) горючих веществ, должно быть не менее 1 м.

Прокладка незащищенных изолированных проводов с алюминиевыми жилами в пожароопасных зонах любого класса должна производиться в трубах и коробах.

7.4.40. По эстакадам с трубопроводами с горючими газами и жидкостями, проходящим по территории с пожароопасной зоной класса II-III, допускается прокладка изолированных проводов в стальных трубах, небронированных кабелей в стальных трубах и коробах, бронированных кабелей открыто. При этом стальные трубы электропроводки, стальные трубы и короба с небронированными кабелями и бронированные кабели следует прокладывать на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов, по возможности со стороны трубопроводов с негорючими веществами.

7.4.41. Для передвижных электроприемников должны применяться переносные гибкие кабели с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке, стойкой к окружающей среде.

7.4.42. Соединительные и ответвительные коробки, применяемые в электропроводках в пожароопасных зонах любого класса, должны иметь степень защиты оболочки не менее IP43. Они должны изготавливаться из стали или другого прочного материала, а их размеры должны обеспечивать удобство монтажа и надежность соединения проводов.

Части коробок, выполненные из металла, должны иметь внутри изолирующую выкладку или надежную окраску. Пластмассовые части, кроме применяемых в групповой сети освещения, должны быть изготовлены из трудногорючей пластмассы.

7.4.43. В пожароопасных зонах классов П-I, П-II и П-IIа допускается применение шинопроводов до 1 кВ с медными и алюминиевыми шинами со степенью защиты IP20 и выше, при этом в пожароопасных зонах П-I и П-II все шины, в том числе и шины ответвления, должны быть изолированными. В шинопроводах со степенью защиты IP54 и выше шины допускается не изолировать.

Неразборные контактные соединения шин должны быть выполнены сваркой, а разборные соединения — с применением приспособлений для предотвращения самоотвинчивания.

Температура всех элементов шинопроводов, включая ответвительные коробки, устанавливаемые в пожароопасных зонах класса П-I, не должна превышать 60 °С.

7.4.44. Ответвительные коробки с коммутационными и защитными аппаратами, а также разъемные контактные соединения допускается применять в пожароопасных зонах всех классов. При этом ответвительные коробки, установленные на шинопроводах, включая места ввода кабелей (проводов) и места соприкосновения с шинопроводами, должны иметь степень защиты IP44 и выше для пожароопасных зон классов П-I и П-IIа, IP54 и выше для зон класса П-II.

Для зон классов П-I и П-II должен быть обеспечен опережающий разрыв цепи ответвления в момент коммутации разъемных контактных соединений.

В помещениях архивов, музеев, картинных галерей, библиотек, а также в пожароопасных зонах складских помещений запрещается применение разъемных контактных соединений, за исключением соединений во временных сетях при показе экспозиций.

7.4.45. Расстояния от оси ВЛ до пожароопасных зон должны выбираться по пунктам 2.4.64 и 2.5.163 ПУЭ. Раздел II, за исключением расстояний от ВЛ до 1 кВ с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия или алюминиевых сплавов до открытых наземных складов, перечисленных в Таблице 7.4.4. Расстояние от оси ВЛ до 1 кВ до складов, перечисленных в Таблице 7.4.4, должно быть не менее указанного в Таблице 7.4.5; данное требование не распространяется на ВЛ наружного освещения, размещаемые на территории складов.

**Открытые наземные склады хранения горючих материалов  
и веществ, готовой продукции и оборудования**

Склады	Вместимость, площадь
Каменного угля, торфа, грубых кормов (сена, соломы), льна, конопли, хлопка, зерна	Более 1000 т
Лесоматериалов, дров, щепы, опилок	Более 1000 м <sup>3</sup>
Горючих жидкостей	Более 3000 м <sup>3</sup>
Готовой продукции и оборудования в сгораемой упаковке	Более 1 га

Таблица 7.4.5.

**Наименьшее расстояние от оси ВЛ до 1 кВ  
с неизолированными проводами из алюминия, сталеалюминия  
или алюминиевых сплавов до границ открытых наземных складов,  
перечисленных в Таблице 7.4.4**

Высота повеса верхнего провода ВЛ от уровня земли, м	Наименьшее расстояние, м, при расчетной скорости ветра, м/с (районе по ветру)						
	16 (I)	18 (II)	21 (III)	24 (IV)	27 (V)	30 (VI)	33 (VII)
До 7	17	19	27	31	36	41	46
7,5	18	20	31	33	38	43	48
8	19	21	35	35	40	45	50
9	20,5	23	37	37	43	49	53
10	22	24	40	40	46	53	57

## Глава 7.5 Электротермические установки

### Область применения

7.5.1. Настоящая Глава Правил распространяется на производственные и лабораторные установки электронагревателей и электротермических устройств (электронагревательных приборов, аппаратов) переменного тока промышленной (50 Гц), пониженной (ниже 50 Гц), повышенной — средней (до 30 кГц) и высокой (выше 30 кГц) частоты и постоянного (выпрямленного) тока:

сопротивления прямого и косвенного действия (с любым материалом нагревательного элемента: твердым и жидким), в том числе электрошлакового переплава и литья;

дуговых прямого, косвенного действия и комбинированного действия (с преобразованием электрической энергии в тепловую в электрической дуге и в сопротивлении), в том числе электропечей руднотермических и ферросплавных, а также плазменных нагревательных и плавильных;

индукционных нагревательных (в том числе закалочных) и плавильных (в том числе тигельных и канальных);

диэлектрического нагрева;

электронно-лучевых.

Настоящая Глава Правил распространяется на все элементы электроустановок перечисленных видов электропечей и электротермических устройств любых конструкций, назначений и режимов работы, а также с любыми средами (воздух, вакуум, инертный газ и т. п.) и давлениями в их рабочих камерах.

7.5.2. Электротермические установки и используемое в них электротехническое и другое оборудование кроме требований настоящей главы должны удовлетворять также требованиям разд. 1—6 в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

### **Общие требования**

7.5.3. Электротермические установки в отношении обеспечения надежности электроснабжения, как правило, следует относить к электроприемникам II и III категорий в соответствии с пунктом 1.2.17 ПУЭ. Раздел I.

Категории электроприемников основного оборудования и вспомогательных механизмов, а также объем резервирования электрической части должны определяться с учетом особенностей конструкции оборудования электротермических установок и предъявляемых действующими стандартами, нормами и правилами требований к такому оборудованию, системам снабжения его водой, газами, сжатым воздухом, создания и поддержания в рабочих камерах давления или разрежения.

К III категории, как правило, следует относить электроприемники электротермических установок цехов и участков несерийного производства: кузнечных, штамповочных, прессовых, механических, механосборочных и окрасочных; цехов и участков (отделений и мастерских) инструментальных, сварочных, сборного железобетона, деревообрабатывающих и деревообделочных, экспериментальных, ремонтных, а также лабораторий, испытательных станций, гаражей, депо, административных зданий.

7.5.4. Для питания электроприемников электротермических установок от электрических сетей общего назначения в зависимости от мощности электроприемников и принятой схемы электроснабжения (радиальной или магистраль-

ной) должны использоваться жесткие или гибкие токопроводы, кабельные линии или электропровода.

7.5.5. Электротермические установки, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую на постоянном токе, переменном токе пониженной, повышенной-средней или высокой частоты, должны содержать преобразователи значения непосредственно к питающим электрическим сетям общего назначения (трансформаторы) или через самостоятельные печные (силовые, преобразовательные) трансформаторы.

Печными (силовыми) трансформаторами или автотрансформаторами должны быть оборудованы также электротермические установки промышленной частоты с дугowymi печами (устройствами) прямого, косвенного и комбинированного действия (вне зависимости от их напряжения и мощности) и установки с печами (устройствами) индукционными и сопротивления прямого и косвенного действия, работающие на напряжении, отличающемся от напряжения электрической сети общего назначения, или при единичной мощности печей (устройств) индукционных и сопротивления: однофазных — 400 кВт и более, трехфазных — 1,6 МВт и более.

Преобразователи и печные (преобразовательные) трансформаторы (автотрансформаторы) должны обеспечивать вторичное напряжение в соответствии с требованиями технологического процесса, а первичное напряжение электроцелесообразности.

Печные трансформаторы (автотрансформаторы) и преобразователи, как правило, должны снабжаться устройствами для регулирования напряжения в соответствии с требованиями технологического процесса. Трансформаторы (автотрансформаторы) с переключателями ступеней без нагрузки должны иметь блокировку, запрещающую выполнение переключений без снятия напряжения.

7.5.6. Электрическую нагрузку присоединяемых к электрической сети общего назначения нескольких однофазных электроприемников электротермических установок следует по возможности равномерно распределять между фазами семников вызываемая эксплуатационных режимах работы таких электроприемников значениях, допускаемых действующим стандартом.

В случаях, когда такое условие не соблюдается и при этом нецелесообразно (по технико-экономическим показателям) присоединять однофазные электроприемники к более мощной электрической сети (т.е. к точке сети с большей мощностью КЗ), следует снабжать электротермическую установку симметрирующим устройством или параметрическим источником тока либо устанавливать коммутационные аппараты, при помощи которых возможно перераспреде-



ление нагрузки однофазных электроприемников между фазами трехфазной сети (при нечастом возникновении несимметрии в процессе работы).

7.5.7. Электрическая нагрузка электротермических установок не должна вызывать в электрических сетях общего назначения несинусоидальности формы кривой напряжения, при которой не соблюдается требование действующего стандарта. При необходимости следует снабжать печные подстанции электротермических установок или питающие их цеховые (заводские) подстанции фильтрокомпенсирующими устройствами или принимать другие меры, уменьшающие искажение формы кривой напряжения электрической сети.

7.5.8. Коэффициент мощности электротермических установок, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, должен быть не ниже 0,98, если энергоснабжающей организацией не установлен другой норматив.

Электротермические установки с единичной мощностью 400 кВт и более, естественный коэффициент мощности которых ниже нормируемого значения, как правило, должны иметь индивидуальные компенсирующие устройства. Электротермические установки не рекомендуется снабжать индивидуальными компенсирующими устройствами, если технико-экономическими расчетами выявлены явные преимущества групповой компенсации, а также при избытке реактивной мощности на предприятии (в цехе).

7.5.9. Для тех электротермических установок, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, для которых в качестве компенсирующего устройства используются конденсаторные батареи, схему включения конденсаторов следует выбирать на основе данных технико-экономических расчетов, характера изменения индуктивной нагрузки установки и формы кривой напряжения (определяемой составом высших гармоник).

В установках с частыми и большими (по амплитуде) изменениями индуктивной нагрузки конденсаторы следует включать параллельно с электротермическими электроприемниками, например, с печными трансформаторами (устройства поперечной компенсации).

Рекомендуется предусматривать регулирование емкости конденсаторных батарей.

В обоснованных случаях для уменьшения колебаний напряжения, вызываемых изменениями индуктивной нагрузки, рекомендуется предусматривать устройства статической и динамической компенсации реактивной мощности (далее УДК) с использованием методов компенсации: прямого (со ступенчатым выключением конденсаторов) или косвенного (с плавным регулированием результирующей индуктивности реактора или специального трансформатора с большим напряжением КЗ), при чем во всех случаях с быстродействующими системами управления.

В установках с медленными изменениями индуктивной нагрузки допускается как параллельное, так и последовательное соединение (устройства продольной компенсации (далее УПК)) конденсаторов как с постоянной, так и с регулируемой емкостью конденсаторных батарей и электротермических электроприемников.

При питании электротермического оборудования от блока регулировочный трансформатор (автотрансформатор) — печной понизительный трансформатор или блока главный трансформатор — последовательный дополнительный («вольтодобавочный») трансформатор конденсаторную батарею рекомендуется включать в цепь среднего напряжения (если при этом обеспечивается электродинамическая стойкость оборудования).

7.5.10. Первичная цепь каждой электротермической установки должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты в зависимости от напряжения питающей электросети промышленной частоты:

до 1 кВ — выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители или блок выключатель — предохранитель либо автоматический выключатель с электромагнитными и тепловыми расцепителями;

выше 1 кВ — разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) на вводе и выключатель оперативно-защитного назначения или разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) и два выключателя — оперативный и защитный.

Для включения электротермического устройства мощностью менее 1 кВт в электрическую сеть до 1 кВ допускается использовать на вводе втычные разъемные контактные соединения, присоединяемые к линии (магистральной или радиальной), защита которой установлена в силовом (осветительном) пункте или щитке.

В первичных цепях электротермических установок до 1 кВ допускается в качестве вводных коммутационных аппаратов использовать рубильники без дугогасящих контактов при условии, что коммутация ими выполняется без нагрузки.

Выключатели выше 1 кВ оперативно-защитного назначения в электротермических установках должны выполнять операции включения и отключения электротермического оборудования (печей или устройств), обусловленные эксплуатационными особенностями его работы, и защиту от КЗ и ненормальных режимов работы.

Оперативные выключатели выше 1 кВ электротермических установок должны выполнять оперативные и часть защитных (например, при срабатывании газовой защиты) функций, объем которых определяется при конкретном

проектировании, но на них не должна возлагаться защита от КЗ (кроме эксплуатационных), которую должны осуществлять защитные выключатели.

Оперативно-защитные и оперативные выключатели выше 1 кВ разрешается устанавливать как на печных подстанциях, так и в цеховых (заводских и т.п.) РУ. Допускается устанавливать один или два (присоединяемых параллельно и работающих раздельно) защитных выключателя для защиты группы электро-термических установок.

7.5.11. Выключатели выше 1 кВ, используемые в электротермических установках, должны отвечать требованиям гл.1.4. При этом в электрических цепях с числом коммутационных операций в среднем 5 и более циклов включение — отключение в сутки должны применяться специальные выключатели, обладающие повышенной механической и электрической износостойкостью и отвечающие требованиям действующих стандартов и технических условий

В электрических цепях 6—35 кВ с частыми коммутационными операциями в качестве оперативно-защитных и оперативных выключателей допускается применять маломасляные выключатели с повышенной механической износостойкостью при условии, что ими до 50 раз в сутки отключаются только токи, не превышающие 10% их номинального значения, или в среднем не чаще 15 раз в сутки отключаются номинальные токи.

В качестве оперативных выключателей в цепях выше 1 кВ электротермических установок допускается применять выключатели с пониженной электродинамической стойкостью (например, вакуумные или бесконтактные выключатели, не способные выдерживать без повреждений воздействия, создаваемые проходящим через них током КЗ, при условии осуществления мероприятий, снижающих вероятность КЗ в электрической цепи между оперативным выключателем и печным трансформатором (автотрансформатором, преобразователем) и исключающих возникновение опасности для обслуживающего персонала, а также при условии, что повреждение выключателя не приведет к развитию аварии, взрыву или пожару в РУ. При использовании выключателей с высоким быстродействием (вакуумных, воздушных) должны предусматриваться меры по снижению коммутационных перенапряжений (например, за счет шунтирующих резисторов) и защите разрядниками обмоток трансформаторов и электрических цепей. Такие выключатели рекомендуется устанавливать вблизи печных трансформаторов, чтобы коммутационные перенапряжения были наименьшими.

7.5.12. Напряжение внутрицеховых печных подстанций, количество и мощность устанавливаемых в них трансформаторов, автотрансформаторов или преобразователей, в том числе с масляным наполнением, высота (отметка) их расположения по отношению к полу первого этажа, расстояние между камерами масляных трансформаторов разных подстанций не ограничиваются.

Под оборудованием, содержащим масло, должны выполняться требования 2 пункта 4.2.101 ПУЭ. Раздел IV с отводом масла в сборный бак. Емкость сборного бака должна быть не меньше суммарного объема оборудования, расположенного совместно в одной камере, а при присоединении к сборному баку маслоприемников нескольких камер — не меньше наибольшего суммарного объема масла оборудования одной из камер.

Камеры с электрооборудованием с масляным наполнением должны иметь стационарные устройства пожаротушения при суммарном количестве масла, превышающем 10 т для камер, расположенных на отметке первого этажа и выше; 0,6 т для камер, расположенных ниже отметки первого этажа.

7.5.13. Оборудование электротермических установок всех напряжений допускается размещать непосредственно в производственных помещениях в зонах любых классов (см. также пункт 1.1.21 ПУЭ. Раздел I и пункты 7.3.1, 7.4.1 настоящих Правил).

Исполнение оборудования должно соответствовать условиям среды в этих помещениях, а конструкции и расположение самого оборудования и ограждений должны обеспечивать безопасность персонала и исключать возможность механического повреждения оборудования и случайных прикосновений к токоведущим и вращающимся частям (см. также пункт 1.1.32 ПУЭ. Раздел I).

Если длина электропечи, электронагревательного устройства или нагреваемого изделия такова, что выполнение ограждений токоведущих частей вызывает значительное усложнение конструкции или затрудняет обслуживание установки, допускается устанавливать вокруг печи или устройства в целом ограждение высотой не менее 2 м с блокировкой, исключающей возможность открывания дверей до отключения установки (см. также пункт 1.1.33 ПУЭ. Раздел I).

При установке трансформаторов, преобразовательных агрегатов и другого электрооборудования электротермических установок в отдельных помещениях последние должны быть не ниже II степени огнестойкости согласно КМЖ.

7.5.14. Силовое электрооборудование до 1 кВ и выше, относящееся к одной электротермической установке-агрегату (печные трансформаторы, статические преобразователи, реакторы, печные выключатели, разъединители, переключатели и т.п.), а также вспомогательное оборудование систем охлаждения печных трансформаторов и преобразователей (насосы замкнутых систем водяного и масляно-водяного охлаждения, теплообменники, абсорберы, вентиляторы и др.) допускается устанавливать в общей камере. Указанное электрооборудование должно иметь ограждение открытых токоведущих частей, а оперативное управление приводами коммутационных аппаратов должно быть вынесено за пределы камеры. Электрооборудование нескольких электротермических установок рекомендуется в обоснованных случаях (см. пункт 1.1.26 ПУЭ. Раздел I) распо-

лагать в общих электропомещениях, например в электромашиных помещениях с соблюдением требований Главы 5.1 ПУЭ. Раздел V.

7.5.15. Трансформаторы, преобразовательные устройства и агрегаты (двигатель-генераторные и статические — ионные и электронные, в том числе полупроводниковые устройства и ламповые генераторы) электротермических установок рекомендуется располагать на минимально возможном расстоянии от присоединенных к ним электропечей или других электротермических устройств (аппаратов).

Минимальные расстояния в свету от наиболее выступающих частей печного трансформатора, расположенных на высоте до 1,9 м от пола, до стенок трансформаторных камер при отсутствии в камерах другого оборудования рекомендуется принимать:

до передней стенки камеры (со стороны печи или другого электротермического устройства) 0,4 м для трансформаторов с габаритной мощностью менее 0,4 МВА, 0,6 м от 0,4 до 12,5 МВА и 0,8 более 12,5 МВА.

до боковых и задней стенок камеры 0,8 м при габаритной мощности менее 0,4 МВА, 1,0 м от 0,4 до 12,5 МВА и 1,2 м более 12,5 МВА.

При совместной установке в общей камере печных трансформаторов и другого оборудования (согласно пункту 7.5.14 настоящих Правил) ширину проходов и расстояния между оборудованием, а также между оборудованием и стенками камеры рекомендуется принимать на 10—20% больше, чем указано в Главах 4.1, 4.2 ПУЭ. Раздел IV и 5.1 ПУЭ. Раздел V.

7.5.16. Электротермические установки должны быть снабжены блокировками, обеспечивающими безопасное обслуживание электрооборудования и механизмов этих установок, а также правильную последовательность оперативных переключений. Открывание дверей, расположенных вне электропомещений шкафов, а также дверей камер (помещений), имеющих доступные для прикосновения токоведущие части выше 1 кВ, должно быть возможно лишь после снятия напряжения с установки либо двери должны быть снабжены блокировкой, мгновенно действующей на снятие напряжения с установки.

7.5.17. Электротермические установки должны быть оборудованы устройствами защиты в соответствии с Главами 3.1 и 3.2 ПУЭ. Раздел III. Требования к защите дуговых и руднотермических печей изложены в пункте 7.5.36 настоящих Правил, индукционных электропечей — в пункте 7.5.44 (см. также пункт 7.5.28) настоящих Правил.

7.5.18. Электротермическое оборудование должно, как правило, иметь автоматические регуляторы мощности или режима работы (за исключением случаев, когда это нецелесообразно по технологическим или технико-экономическим причинам).

Для установок, в которых при регулировании мощности (или для защиты от перегрузки) необходимо учитывать значение переменного тока, трансформаторы тока рекомендуется устанавливать на стороне низшего напряжения.

Допускается установка трансформаторов тока на стороне высшего напряжения. При этом если печной трансформатор имеет переменный коэффициент трансформации, то должен, как правило, использоваться согласующий измерительный орган.

7.5.19. Измерительные приборы и аппараты защиты, а также аппараты управления электротермическими установками должны устанавливаться так, чтобы была исключена возможность их перегрева (от тепловых излучений и др.).

Щиты и пульты (аппараты) управления электротермическими установками должны располагаться, как правило, в таких местах, в которых обеспечена возможность наблюдения за проводимыми на установках производственными операциями.

Направление движения рукоятки аппарата управления приводом наклона печей должно соответствовать направлению наклона.

Если электротермические установки имеют значительные габариты и обзор с пульта управления недостаточный, рекомендуется предусматривать оптические, телевизионные или другие устройства для наблюдения за технологическим процессом.

В необходимых случаях должны устанавливаться аварийные кнопки для дистанционного отключения всей установки или отдельных ее частей.

7.5.20. На щитах управления электротермическими установками должна предусматриваться сигнализация включенного и отключенного положений оперативных коммутационных аппаратов (см. пункт 7.5.10 настоящих Правил), в установках с единичной мощностью 0,4 МВт и более рекомендуется предусматривать также сигнализацию положений вводных коммутационных аппаратов.

7.5.21. При выборе сечений газопроводов электротермических установок на токи более 1,5 кА промышленной частоты и на любые токи повышенной - средней и высокой частоты должна учитываться неравномерность распределения тока как по сечению шины (кабеля), так и между отдельными шинами (кабелями) пакета, обусловленная поверхностным эффектом и эффектом близости.

Конструкция этих токопроводов (в частности, вторичных токопроводов — «коротких сетей» электропечей) должна обеспечивать:

- оптимальные реактивное и активное сопротивления;
- рациональное распределение тока в проводниках;
- симметрирование сопротивлений по фазам в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на отдельные виды (типы) трехфазных электропечей или электротермических устройств;

ограничение потерь электроэнергии в металлических креплениях шин, конструкциях установок и строительных элементах зданий.

Вокруг одиночных шин и линий (в частности, при проходе их через железобетонные перегородки и перекрытия, а также при устройстве металлических опорных конструкций, защитных экранов и т.п.) не должно быть замкнутых металлических контуров. Если этого избежать нельзя, следует применять немагнитные и маломангнитные материалы и проверять расчетом потери в них и температуру их нагрева.

Для токопроводов переменного тока с частотой 2,4 кГц применение крепящих деталей из магнитных материалов не рекомендуется, а с частотой 4 кГц и более — не допускается, за исключением узлов присоединения шин к водоохлаждаемым элементам. Опорные конструкции и защитные экраны таких токопроводов (за исключением конструкции для коаксиальных токопроводов) должны изготавливаться из немагнитных или маломангнитных материалов.

Температура шин и контактных соединений с учетом нагрева электрическим током и внешними тепловыми излучениями, как правило, не должна превышать 90°C, в реконструируемых установках для вторичных токопроводов допускается для шин медных температура 140°C, для алюминиевых 120°C, при этом соединения шин рекомендуется выполнять сварными.

В необходимых случаях следует предусматривать принудительное воздушное или водяное охлаждение.

7.5.22. В установках электропечей со спокойным режимом работы, в том числе руднотермических и ферросплавных, вакуумных дугowych и гарнисажных, индукционных, плазменных, сопротивления прямого и косвенного действия (в том числе электрошлакового переплава), электронно-лучевых и диэлектрического нагрева для жестких токопроводов вторичных токоподводов, как правило, должны применяться шины из алюминия или из алюминиевого сплава (прямоугольного или трубчатого сечения).

Для жестких токопроводов вторичных токоподводов установок электропечей с ударной нагрузкой, в частности сталеплавильных и чугуноплавильных дугowych печей, рекомендуется применять шины из алюминиевого става с повышенной механической и усталостной прочностью. Жесткий токопровод вторичного токоподвода в цепях переменного тока из многополюсных шин рекомендуется выполнять шихтованным с параллельными чередующимися цепями различных фаз или прямого и обратного направлений тока.

Для жестких однофазных токопроводов повышенной — средней частоты рекомендуется применять шихтованные и коаксиальные шинопроводы.

В обоснованных случаях допускается изготовление жестких токопроводов — вторичных токопроводов из меди.

Гибкий токопровод к подвижным элементам электропечей следует выполнять гибкими медными кабелями или гибкими медными лентами.

Для гибких токопроводов на токи 6 кА и более промышленной частоты и на любые токи повышенной — средней и высокой частоты рекомендуется применять водоохлаждаемые гибкие кабели.

Материал шин (алюминий, его сплавы или медь) для ошиновки внутри шкафов и других комплектных устройств, предназначенных для электротермических установок, должен выбираться согласно соответствующим стандартам или техническим условиям.

7.5.23. Рекомендуемые допустимые длительные токи промышленной частоты токопроводов из шихтованного пакета прямоугольных шин приведены в Таблицах 7.5.1—7.5.4, однофазные токи повышенной — средней частоты токопроводов из двух прямоугольных шин — в Таблицах 7.5.5 и 7.5.6, токопроводов из двух концентрических труб — в Таблицах 7.5.7 и 7.5.8, кабелей марки АСГ — в таблице 7.5.9 и марки СГ - в Таблице 7.5.10.

Токи в таблицах приняты исходя из температуры окружающего воздуха 25 °С, прямоугольных шин 70 °С, внутренней трубы 75 °С, жил кабелей 80 °С.

Рекомендуется плотность тока в водоохлаждаемых жестких и гибких токопроводах промышленной частоты: алюминиевых и из алюминиевых сплавов до 6 А/мм<sup>2</sup>, медных до 8 А/мм<sup>2</sup>. Оптимальная плотность тока в таких токопроводах, а также в аналогичных токопроводах повышенной — средней и высокой частоты должна выбираться по минимуму приведенных затрат.

Таблица 7.5.1.

**Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин**

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете							
	2	4	6	8	12	16	20	24
100 x 10	1250	2480	3705	4935	7380	9850	12315	14850
120 x 10	1455	2885	4325	5735	8600	11470	14315	17155
140 x 10	1685	3330	4980	6625	9910	13205	16490	19785
160 x 10	1870	3705	5545	7380	11045	14710	18375	22090
180 x 10	2090	4135	6185	8225	12315	16410	20490	24610
200 x 10	2310	4560	6825	9090	13585	18105	22605	27120
250 x 10	2865	5595	8390	13185	16640	22185	27730	33275
250 x 20	3910	7755	11560	15415	23075	30740	38350	46060
300 x 10	3330	6600	9900	11200	19625	26170	32710	39200
300 x 20	4560	8995	13440	17880	26790	35720	44605	53485

Примечание. В Таблицах 7.5.1-7.5.4 токи приведены для неокрашенных шин, установленных на ребро при зазоре между шинами 30 мм для шин высотой 300 мм и 20 мм для шин высотой 250 мм и менее.



**Допустимый длительный ток промышленной частоты однофазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин<sup>1</sup>**

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете							
	2	4	6	8	12	16	20	24
100 x 10	1880	3590	5280	7005	10435	13820	17250	20680
120 x 10	2185	4145	6110	8085	12005	15935	19880	23780
140 x 10	2475	4700	6920	9135	13585	18050	22465	26930
160 x 10	2755	5170	7670	10150	15040	19930	24910	29800
180 x 10	3035	5735	8440	11140	16545	21900	27355	32760
200 x 10	3335	6300	9280	12220	18140	24065	29985	35910
250 x 10	4060	7660	11235	14805	21930	29140	36235	43430
300 x 10	4840	9135	13395	17670	26225	34780	43380	51700

<sup>1</sup> См. примечание к Таблице 7.5.1.

Таблица 7.5.3.

**Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета алюминиевых прямоугольных шин<sup>1</sup>**

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100 x 10	1240	2470	3690	4920	7390	9900
120 x 10	1445	2885	4300	5735	8590	11435
140 x 10	1665	3320	4955	6605	9895	13190
160 x 10	1850	3695	5525	7365	11025	14725
180 x 10	2070	4125	6155	8210	12295	16405
200 x 10	2280	4550	6790	9055	13565	18080
250 x 10	2795	5595	8320	11090	16640	22185
250 x 20	3880	7710	11540	15385	23010	30705
300 x 10	3300	6600	9815	13085	19625	26130
300 x 20	4500	8960	13395	17860	26760	35655

<sup>1</sup> См. примечание к Таблица 7.5.1.

**Допустимый длительный ток промышленной частоты трехфазных токопроводов из шихтованного пакета медных прямоугольных шин<sup>1</sup>**

Размер полосы, мм	Ток, А, при числе полос в пакете					
	3	6	9	12	18	24
100 x 10	1825	3530	5225	6965	10340	13740
120 x 10	2105	4070	6035	8000	11940	15885
140 x 10	2395	4615	6845	9060	13470	17955
160 x 10	2660	5125	7565	10040	14945	19850
180 x 10	2930	5640	8330	11015	16420	21810
200 x 10	3220	6185	9155	12090	18050	23925
250 x 10	3900	7480	11075	14625	21810	28950
300 x 10	4660	8940	13205	17485	25990	34545

<sup>1</sup> См. примечание к Таблице 7.5.1.

Таблица 7.5.5.

**Допустимый длительный ток повышенной — средней частоты токопроводов из двух алюминиевых прямоугольных шин**

Ширина шины, мм	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
25	310	255	205	175	145	140
30	365	305	245	205	180	165
40	490	410	325	265	235	210
50	615	510	410	355	300	285
60	720	605	485	410	355	330
80	960	805	640	545	465	435
100	1160	980	775	670	570	535
120	1365	1140	915	780	670	625
150	1580	1315	1050	905	770	725
200	2040	1665	1325	1140	970	910

Примечание: 1. В таблицах 7.5.5 и 7.5.6 токи приведены для неокрашенных шин с расчетной толщиной равной 1,2 глубины проникновения тока, с зазором между шинами 20 мм при установке шин на ребро и прокладке их в горизонтальной плоскости.

2. Толщина шин токопроводов, допустимые длительные токи которых приведены в Таблицах 7.5.5 и 7.5.6, должна быть равной или больше указанной

ниже расчетной толщины, ее следует выбирать исходя из требований к механической прочности шин, из сортамента, приведенного в стандартах или технических условиях.

3. Глубина проникновения тока и расчетная толщина алюминиевых шин в зависимости от частоты переменного тока равны:

Частота, Гц.....	500	1000	2500	4000	8000	10000
Глубина проникновения тока, мм.....	4,20	3,00	1,90	1,50	1,06	0,95
Расчетная толщина шин, мм.....	5,04	3,60	2,28	1,80	1,20	1,14

Таблица 7.5.6.

**Допустимый длительный ток повышенной — средней частоты токопроводов из двух медных прямоугольных шин**

Ширина шины, мм	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
25	355	295	230	205	175	165
30	425	350	275	245	210	195
40	570	465	370	330	280	265
50	705	585	460	410	350	330
60	835	685	545	495	420	395
80	1100	915	725	645	550	515
100	1325	1130	895	785	675	630
120	1420	1325	1045	915	785	735
150	1860	1515	1205	1060	910	845
200	2350	1920	1485	1340	1140	1070

Примечания: 1. См. примечания 1 и 2 к Таблице 7.5.5.

2. Глубина проникновения тока и расчетная толщина медных шин в зависимости от частоты переменного тока следующие:

Частота, Гц.....	500	1000	2500	4000	8000	10000
Глубина проникновения тока, мм.....	3,30	2,40	1,50	1,19	0,84	0,75
Расчетная толщина шин, мм.....	3,96	2,88	1,80	1,43	1,01	0,90

**Допустимый длительный ток повышенной — средней частоты  
токопроводов из двух алюминиевых концентрических труб**

Наружный диаметр трубы, мм		Ток, А, при частоте, Гц					
внешней	внутренней	500	1000	2500	4000	8000	10000
150	110	1330	1110	885	770	640	615
	90	1000	835	665	570	480	455
	70	800	670	530	465	385	370
180	140	1660	1400	1095	950	800	760
200	120	1280	1075	855	740	620	590
	100	1030	905	720	620	520	495
	160	1890	1590	1260	1080	910	865
	140	1480	1230	980	845	710	675
220	120	1260	1070	840	725	610	580
	180	2185	1755	1390	1200	1010	960
	160	1660	1390	1100	950	800	760
240	140	1425	1185	940	815	685	650
	200	2310	1940	1520	1315	1115	1050
	180	1850	1550	1230	1065	895	850
260	160	1630	1365	1080	930	785	745
	220	2530	2130	1780	1450	1220	1160
	200	2040	1710	1355	1165	980	930
280	180	1820	1530	1210	1040	875	830
	240	2780	2320	1850	1590	1335	1270
	220	2220	1865	1480	1275	1075	1020
	200	2000	1685	1320	1150	960	930

Примечание: В Таблицах 7.5.7 и 7.5.8 токи приведены для неокрашенных труб с толщиной стенок 10 мм.

**Допустимый длительный ток повышенной — средней частоты  
токопроводов из двух медных концентрических труб<sup>1</sup>**

Наружный диаметр трубы, мм		Ток, А. при частоте, Гц					
внешней	внутрен- ней	500	1000	2500	4000	8000	10000
150	110	1530	1270	1010	895	755	715
	90	1150	950	750	670	565	535
	70	920	760	610	540	455	430
180	140	1900	1585	1240	1120	945	895
	120	1480	1225	965	865	730	690
	100	1250	1030	815	725	615	580
200	160	2190	1810	1430	1275	1075	1020
	140	1690	1400	1110	995	840	795
	120	1460	1210	955	830	715	665
220	180	2420	2000	1580	1415	1190	1130
	160	1915	1585	1250	1115	940	890
	140	1620	1350	1150	955	810	765
240	200	2670	2200	1740	1565	1310	1250
	180	2130	1765	1395	1245	1050	995
	160	1880	1555	1230	1095	925	875
	220	2910	2380	1910	1705	1470	1365
260	200	2360	1950	1535	1315	1160	1050
	180	2100	1740	1375	1225	1035	980
	240	3220	2655	2090	1865	1580	1490
280	200	2560	2130	1680	1500	1270	1200
	200	2310	1900	1500	1340	1135	1070

<sup>1</sup> См. примечание к Таблице 7.5.7.

**Допустимый длительный ток повышенной—средней частоты  
кабелей марки АСТ на напряжение 1 кВ**

Сечение токопрово- дящих жил, мм <sup>2</sup>	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
2x25	100	80	66	55	47	45
2x35	115	95	75	65	55	50
2x50	130	105	84	75	62	60
2x70	155	130	100	90	75	70
2x95	180	150	120	100	85	80
2x120	200	170	135	115	105	90
2x150	225	185	150	130	110	105
3x25	115	95	75	60	55	50
3x35	135	110	85	75	65	60
3x50	155	130	100	90	75	70
3x70	180	150	120	100	90	80
3x95	205	170	135	120	100	95
3x120	230	200	160	140	115	110
3x150	250	220	180	150	125	120
3x185	280	250	195	170	140	135
3x240	325	285	220	190	155	150
3x50+1x25	235	205	160	140	115	110
3x70+1x35	280	230	185	165	135	130
3x95+1x50	335	280	220	190	160	150
3x120+1x50	370	310	250	215	180	170
0						
3x150+1x70	415	340	280	240	195	190
0						
3x185+1x70	450	375	300	255	210	205
0						

**Допустимый длительный ток повышенной —  
средней частоты кабелей марки СГ на напряжение 1 кВ**

Сечение токопроводящих жил, мм <sup>2</sup>	Ток, А, при частоте, Гц					
	500	1000	2500	4000	8000	10000
2x25	115	95	76	70	57	55
2x35	130	110	86	75	65	60
2x 50	150	120	96	90	72	70
2x70	180	150	115	105	90	85
2x95	205	170	135	120	100	95
2 x120	225	190	150	130	115	105
2x150	260	215	170	150	130	120
3x25	135	110	90	75	65	60
3x35	159	125	100	90	75	70
3x50	180	150	115	105	90	85
3x70	210	170	135	120	105	95
3x95	295	195	155	140	115	110
3x120	285	230	180	165	135	130
3x150	305	260	205	180	155	145
3x185	340	280	220	200	165	160
3x240	375	310	250	225	185	180
3x50+1x25	290	235	185	165	135	130
3x70+1x 35	320	265	210	190	155	150
3x95+1x50	385	325	250	225	190	180
3x120+1x50	430	355	280	250	210	200
3x150+1x70	470	385	310	275	230	220
3x185 +1x70	510	430	340	300	250	240

7.5.24. Динамическая стойкость при токах КЗ жестких токопроводов электротермических установок на номинальный ток 10 кА и более должна быть рассчитана с учетом возможного увеличения электромагнитных сил в местах поворотов и пересечений шин. Расстояния между опорами такого токопровода должны быть проверены на возможность возникновения частичного или полного резонанса.

7.5.25. Для токопроводов электротермических установок в качестве изолирующих опор шинных пакетов и прокладок между ними в электрических цепях постоянного тока и переменного тока промышленной, пониженной и повышен-

ной — средней частот напряжением до 1 кВ рекомендуется применять колодки или плиты (листы) из непропитанного асбестоцемента, напряжением выше 1 и до 1,6 кВ — из текстолита, стеклотекстолита или термостойких пластмасс. В обоснованных случаях допускается применять эти изоляционные материалы и при напряжении до 1 кВ. При напряжении до 500 В допускается применение пропитанной (проваренной в олифе) древесины. Для электропечей с ударной резкопеременной нагрузкой опоры (сжимы, прокладки) должны быть вибростойкими (при частоте колебаний значений действующего тока 0,5—20 Гц).

В качестве металлических деталей сжима шинного пакета токопроводов на 1,5 кА и более переменного тока промышленной частоты и на любые токи повышенной — средней и высокой частот рекомендуется применять гнутый профиль П-образного сечения из листовой немагнитной стали. Допускается также применение сварного профиля и силуминовых деталей (кроме сжимов для тяжелых многополосных пакетов).

Для сжима рекомендуется применять болты и шпильки из немагнитных хромоникелевых, медноцинковых (латунь) и других сплавов.

Для токопроводов выше 1,6 кВ в качестве изолирующих опор должны применяться фарфоровые или стеклянные опорные изоляторы, причем при токах 1,5 кА и более промышленной частоты и при любых токах повышенной - средней и высокой частот арматура изоляторов, как правило, должна быть алюминиевой; применение изоляторов с чугунной головкой допускается при защите ее алюминиевыми экранами или при ее выполнении из маломагнитного чугуна.

Таблица 7.5.11.

**Сопротивление изоляции токопроводов вторичных токоподводов**

Мощность электропечи или электронагревательного устройства, МВА	Наименьшее сопротивление изоляции <sup>1</sup> , кОм, для токопроводов			
	до 1 кВ	выше 1 до 1,6 кВ	выше 1,6 до 3 кВ	выше 3 до 15 кВ
До 5	10	20	100	500
Более 5 до 25	5	10	50	250
Более 25	2,5	5	25	100

<sup>1</sup>Сопротивление изоляции следует измерять мегаомметром на напряжении 1 или 2,5 кВ при токопроводе, отсоединенном от выводов трансформатора, преобразователя, коммутационных аппаратов нагревательных элементов печей сопротивления и т.п. при поднятых электродах печи и при снятых шлангах системы водяного охлаждения.



Сопротивление просушенной изоляции между шинами разной полярности (разных фаз) шинных пакетов с прямоугольными или трубчатыми проводниками вторичных токоподводов электротермических установок, размещаемых в производственных помещениях, должно быть не менее приведенного в Таблице 7.5.11, если в стандартах или технических условиях на отдельные виды (типы) электропечей или электротермических устройств не указаны другие значения.

В качестве дополнительной меры по повышению надежности работы и обеспечению нормируемого значения сопротивления изоляции рекомендуется шины вторичных токоподводов в местах сжимов дополнительно изолировать изоляционным лаком или лентой, а между компенсаторами разных фаз (разной полярности) закреплять изоляционные прокладки, стойкие к тепловому и механическому воздействиям.

7.5.26. Расстояния в свету (электрический зазор) между шинами разной полярности (разных фаз) жесткого токопровода вторичного токоподвода переменного или постоянного тока должны быть не менее указанных в Таблице 7.5.12.

7.5.27. Мостовые, подвесные, консольные и другие подобные краны и тали, используемые в помещениях, где размещены установки электротермических устройств сопротивления прямого действия, а также дуговых печей комбинированного действия (см. 7.5.1) с перепуском самоспекающихся электродов без отключения установок, должны иметь изолирующие прокладки, исключающие возможность соединения с землей (через крюк или трос подъемно – транспортных механизмов) элементов установки, находящихся под напряжением.

Таблица 7.5.12.

**Наименьшее расстояние в свету между шинами токопровода вторичного тоководвода<sup>1</sup>**

Помещение, в котором прокладывается токопровод	Расстояние, мм, в зависимости от рода тока, частоты и напряжения токопроводов						
	Постоянный		Переменный				
	до 1 кВ	выше 1 до 3 кВ	50 Гц		500-10000 Гц		выше 10000 Гц
до 1 кВ			выше 1 до 3 кВ	до 1,6 кВ	выше 1,6 до 3 кВ	до 15 кВ	
Сухое непыльное	12	20-130	15	20-30	15-20	20-30	30-140
Сухое пыльное <sup>2</sup>	16	30-150	20	25-35	20-25	25-35	35-150

<sup>1</sup> При высоте шины до 250 мм; при большей высоте расстояние должно быть увеличено на 5—10мм.

<sup>2</sup> Пыль непроводящая.

7.5.28. Канализация воды, охлаждающей оборудование, аппараты и другие элементы электротермических установок, должна быть выполнена с учетом возможности контроля за состоянием охлаждающей системы.

Рекомендуется установка следующих реле: давления, струйных и температуры (последних двух — на выходе воды из охлаждаемых ею элементов) с работой их на сигнал. В случае когда прекращение потока или перегрев охлаждающей воды могут привести к аварийному повреждению, должно быть обеспечено автоматическое отключение установки.

Система водоохлаждения — разомкнутая (от сети водопровода или от сети оборотного водоснабжения предприятия) или замкнутая (двухконтурная с теплообменниками) индивидуальная или групповая — должна выбираться с учетом требований к качеству воды, указанных в стандартах или технических условиях на оборудование электротермической установки. При выборе системы следует исходить из конкретных условий водоснабжения предприятия (цеха, здания) и наиболее экономически целесообразного варианта, определяемого по минимуму приведенных затрат.

Водоохлаждаемые элементы электротермических установок при разомкнутой системе охлаждения должны быть рассчитаны на максимальное давление воды 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) и минимальное 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>) при качестве воды, как правило, отвечающем требованиям Таблицы 7.5.13, если в стандартах или технических условиях на оборудование не приведены другие нормативные значения.

Рекомендуется предусматривать повторное использование охлаждающей воды на другие технологические нужды с устройством водосбора и перекачки.

Таблица 7.5.13.

### Характеристика воды для охлаждения элементов электротермических установок

Показатель	Вид сети-источника водоснабжения	
	Хозяйственно-питьевой водопровод	Сеть оборотного водоснабжения предприятия
Жесткость, мг-экв/л, не более:		
общая	7	5
карбонатная	-	5
Содержание, мг/л, не более:		
взвешенных веществ	3	100
(мутность)		
активного хлора	0,5	нет
железа	0,3	1,5
рН	6,5-9,5	7-8
Температура, °С, не более	25	30

В электротермических установках, для охлаждения элементов которых используется вода из сети обратного водоснабжения, рекомендуется предусматривать механические фильтры для снижения содержания в воде взвешенных частиц.

При выборе индивидуальной замкнутой системы водоохлаждения рекомендуется предусматривать схему вторичного контура циркуляции воды без резервного насоса, чтобы при выходе из строя работающего насоса на время, необходимое для аварийной остановки оборудования, использовалась вода из сети водопровода.

При применении групповой замкнутой системы водоохлаждения рекомендуется установка одного или двух резервных насосов с автоматическим включением резерва.

7.5.29. При охлаждении элементов электротермической установки, которые могут находиться под напряжением, водой по проточной или циркуляционной системе для предотвращения выноса по трубопроводам потенциала, опасного для обслуживающего персонала, должны быть предусмотрены изолирующие шланги (рукава). Если нет ограждения, то подающий и сливной концы шланга должны иметь заземленные металлические патрубки, исключаяющие прикосновение к ним персонала при включенной установке.

Длина изолирующих шлангов водяного охлаждения, соединяющих элементы различной полярности, должна быть не менее указанной в технической документации заводов — изготовителей оборудования; при отсутствии таких данных длину рекомендуется принимать равной: при номинальном напряжении до 1 кВ не менее 1,5 м при внутреннем диаметре шлангов до 25 мм и 2,5 м при диаметре от 25 и до 50 мм, при номинальном напряжении выше 1 кВ — 2,5 и 4 м соответственно.

Длина шлангов не нормируется, если между шлангом и сточной трубой имеется разрыв и струя воды свободно падает в воронку.

7.5.30. Электротермические установки, оборудование которых требует оперативного обслуживания на высоте 2 м и более от отметки пола помещения, должны снабжаться рабочими площадками, огражденными перилами, с постоянными лестницами. Применение подвижных (например, телескопических) лестниц не допускается. В зоне, в которой возможно прикосновение персонала к находящимся под напряжением частям оборудования, площадки, ограждения и лестницы должны выполняться из негорючих материалов, настил рабочей площадки должен иметь покрытие из не распространяющего горение диэлектрического материала.

7.5.31. Насосно-аккумуляторные и маслонапорные установки систем гидропривода электротермического оборудования, содержащие 60 кг масла и более,

должны располагаться в помещениях, в которых обеспечивается аварийное удаление масла.

7.5.32. Применяемые в электротермических установках сосуды, работающие под давлением выше 70 кПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), устройства, использующие сжатые газы, а также компрессорные установки должны отвечать требованиям действующих правил в области безопасного ведения работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе.

7.5.33. Газы из выхлопа вакуумных насосов предварительного разрежения, как правило, должны удаляться наружу, выпуск этих газов в производственные и другие подобные помещения не рекомендуется.

### **Установки дуговых печей прямого, косвенного и комбинированного действия (рудиотермические и ферросплавные)**

7.5.34. Печные трансформаторы дуговых сталеплавильных печей могут присоединяться к электрическим сетям общего назначения без выполнения специальных расчетов на колебания напряжения, если соблюдается следующее условие:

$$\sqrt{\sum_{k=1}^n S_n^2 / S_k} \leq 0.01$$

где  $S_n$  — номинальная мощность печного трансформатора, МВА;  $S_k$  — мощность КЗ «в общей точке» (в месте присоединения установки дуговых печей к электрическим сетям общего назначения), МВА,  $n$  — число присоединяемых установок дуговых печей.

При невыполнении этого условия должно быть проверено расчетом, что вызываемые работой электропечей колебания напряжения в «общей точке» не превышают допустимых действующим стандартом значений.

Если требования стандарта не выдерживаются, следует присоединить установки дуговых сталеплавильных печей к точке сети с большей мощностью КЗ или обеспечить выполнение мероприятий по снижению уровня колебаний напряжения (см. также пункт 7.5.9 настоящих Правил); выбор варианта — согласно технико-экономическому обоснованию.

7.5.35. На установках дуговых печей, где могут происходить эксплуатационные КЗ, должны приниматься меры по ограничению вызываемых ими толчков тока.

На установках дуговых сталеплавильных печей толчки тока эксплуатационных КЗ не должны превышать 3,5-кратного значения номинального тока.

При использовании для ограничения токов КЗ реакторов необходимо предусматривать возможность их шунтирования в процессе плавки, если не требуется их постоянная работа согласно принятой схеме.

7.5.36. Для печных трансформаторов (печных трансформаторных агрегатов) установок дуговых печей должны быть предусмотрены следующие виды защиты:

1. Максимальная токовая защита (от токов КЗ) мгновенного действия, отстроенная по току от эксплуатационных КЗ и бросков токов при включении установок для трансформаторов любой мощности.

2. Защита от перегрузки трансформатора.

Для выполнения этой защиты должны применяться максимальные токовые реле, в установках дуговых сталеплавильных печей рекомендуются реле с ограниченно-зависимой характеристикой.

Характеристики и выдержки времени реле должны выбираться с учетом скорости действия автоматических регуляторов подъема электродов печи, чтобы эксплуатационные КЗ устранялись поднятием электродов и печной выключатель отключался только при неисправном регуляторе. Защита от перегрузки должна действовать с разными выдержками времени на сигнал и на отключение.

3. Газовая защита печных трансформаторов. Она должна предусматриваться для всех установок печей с ударной нагрузкой независимо от их мощности, для установок печей со спокойной нагрузкой – при наличии на печном трансформаторе переключателя ступеней напряжения под нагрузкой, для остальных установок — согласно пункту 3.2.53 ПУЭ. Раздел III.

4. Защита от однофазных замыканий на землю, если это требуется по условиям работы сети с большими токами замыкания на землю.

5. Температурные указатели с действием на сигнал по достижении максимально допустимой температуры и на отключение при ее превышении.

6. Указатели циркуляции масла и воды в системе охлаждения печного трансформатора с действием на сигнал в случае маслководяного охлаждения печного трансформатора с принудительной циркуляцией масла и воды.

7.5.37. Установки дуговых печей должны быть снабжены измерительными приборами для контроля активной и реактивной потребляемой электроэнергии, а также приборами для контроля за технологическим процессом.

Амперметры должны иметь соответствующие перегрузочные шкалы.

На установках дуговых руднотермических печей с однофазными печными трансформаторами должны устанавливаться приборы для измерения фазных токов трансформатора, а также приборы для измерения и регистрации токов на электродах. На установках дуговых сталеплавильных печей рекомендуется устанавливать приборы, регистрирующие 30-минутный максимум нагрузки.

7.5.38. При расположении дуговых печей на рабочих площадках выше уровня пола цеха место под площадками может быть использовано для размещения другого оборудования печных установок (в том числе печных подстанций).

7.5.39. Для исключения возможности замыканий при перепуске электродов руднотермических и ферросплавных печей помимо изоляционного покрытия на рабочей (перепускной) площадке (см. пункт 7.5.30 настоящих Правил) следует предусматривать установку между электродами постоянных разделительных изолирующих щитов.

### **Установки индукционные и диэлектрического нагрева**

7.5.40. Оборудование установок индукционных и диэлектрического нагрева с трансформаторами, двигатель-генераторными, тиристорными и ионными преобразователями или ламповыми генераторами и конденсаторами может устанавливаться в отдельных помещениях и непосредственно в цехе в технологическом потоке производства категорий Г и Д по КМК; указанные отдельные помещения должны быть не ниже II степени огнестойкости.

7.5.41. Для улучшения использования трансформаторов и преобразователей в контурах индукторов должны устанавливаться конденсаторные батареи. Для облегчения настройки в резонанс конденсаторные батареи в установках со стабилизируемой частотой следует разделять на две части — постоянно включенную и регулируемую.

7.5.42. Взаимное расположение элементов установок должно обеспечивать наименьшую длину токопроводов резонансных контуров в целях уменьшения активного и индуктивного сопротивлений.

7.5.43. Применение кабелей со стальной броней и прокладка проводов в стальных трубах для цепей с повышенной — средней частотой до 10 кГц допускаются только при обязательном использовании жил одного кабеля или проводов в одной трубе для прямого и обратного направлений тока. Применение кабелей со стальной броней (за исключением специальных кабелей) и прокладка проводов в стальных трубах для цепей с частотой более 10 кГц не допускаются.

Кабели со стальной броней и провода в стальных трубах, применяемые в электрических цепях промышленной, повышенной — средней или пониженной частоты, должны прокладываться так, чтобы броня и трубы не нагревались от внешнего электромагнитного поля.

7.5.44. Для защиты установок от повреждений при «проедании» тигля индукционных печей и при нарушении изоляции сетей повышенной — средней и высокой частот относительно корпуса (земли) рекомендуется устройство электрической защиты с действием на сигнал или отключение.

7.5.45. Двигатель-генераторы установок частоты 8 кГц и более должны снабжаться ограничителями холостого хода, отключающими возбуждение генератора во время длительных пауз между рабочими циклами, когда останов двигателя-генераторов нецелесообразен.

Для улучшения загрузки по времени генераторов повышенной — средней и высокой частот рекомендуется применять режим «ожидания» там, где это допускается по условиям технологии.

7.5.46. Установки индукционные и диэлектрического нагрева высокой частоты должны иметь экранирующие устройства для снижения уровня напряженности электромагнитного поля на рабочих местах до значений, определяемых действующими санитарными правилами.

7.5.47. В сушильных камерах диэлектрического нагрева (высокочастотных сушильных установок) с применением вертикальных сетчатых электродов сетки с обеих сторон проходов должны быть заземлены.

7.5.48. Двери блоков установок индукционных и диэлектрического нагрева высокой частоты должны быть снабжены блокировкой, при которой открывание двери возможно лишь при отключении напряжения всех силовых цепей.

7.5.49. Ширина рабочих мест у щитов управления должна быть не менее 1,2 м, а у нагревательных устройств плавильных печей, нагревательных индукторов (при индукционном нагреве) и рабочих конденсаторов (при диэлектрическом нагреве) — не менее 0,8 м.

7.5.50. Двигатель-генераторные преобразователи частоты, производящие шум выше 80 дБ, должны быть установлены в электромашинных помещениях, которые обеспечивают снижение шума до уровней, допускаемых действующими санитарными нормами.

Для уменьшения вибрации двигатель-генераторов следует применять виброгасящие устройства, обеспечивающие выполнение требования санитарных норм к уровню вибрации.

### **Установка электропечей (электротермических устройств) сопротивления прямого и косвенного действия**

7.5.51. Печные понижающие и регулировочные сухие трансформаторы (автотрансформаторы), а также трансформаторы с негорючей жидкостью и панели управления (если на них нет приборов, чувствительных к электромагнитным полям) допускается устанавливать непосредственно на конструкциях самих электропечей (электротермических устройств) сопротивления или в непосредственной близости от них

Установки электротермических устройств сопротивления прямого действия следует присоединять к электрической сети через понижающие

трансформаторы; автотрансформаторы могут использоваться в них только в качестве регулировочных. применение их в качестве понижающих автотрансформаторов не допускается.

7.5.52. Ширина проходов вокруг электропечей (электротермических устройств) и расстояния между ними, а также от них до щитов и шкафов управления выбираются в зависимости от технологических особенностей установок и в соответствии с требованиями Главы 4.1 ПУЭ. Раздел IV.

Допускается устанавливать две электропечи рядом без прохода между ними, если по условиям эксплуатации в нем нет необходимости.

7.5.53. Электрические аппараты силовых цепей и пирометрические приборы рекомендуется устанавливать на отдельных щитах. На приборы не должны воздействовать вибрации и удары при работе коммутационных аппаратов.

При установке электропечей в производственных помещениях, где имеют место вибрации или толчки, пирометрические и другие измерительные приборы должны монтироваться на специальных амортизаторах или панели щитов с такими приборами должны устанавливаться в отдельных щитовых помещениях (помещениях КИП и А).

Установка панелей щитов КИП и А в отдельных помещениях рекомендуется также в случаях, если производственные помещения являются пыльными, влажными или сырými (см. пункты 1.1.7, 1.1.8 и 1.1.11 ПУЭ. Раздел I).

Не допускается установка панелей щитов с пирометрическими приборами (в частности, с электронными потенциометрами) в местах, где они могут подвергаться резким изменениям температуры (например, около въездных ворот цеха).

7.5.54. Совместная прокладка в одной трубе проводов пирометрических цепей и проводов контрольных или силовых цепей, а также объединение указанных цепей в одном контрольном кабеле не допускаются.

7.5.55. Провода пирометрических цепей рекомендуется присоединять к приборам непосредственно, не заводя их на сборки зажимов щитов управления.

Компенсационные провода пирометрических цепей от термопар к электрическим приборам (в том числе к милливольтметрам) должны быть экранированы от индукционных наводок и заземлены, а экранирующее устройство по всей длине надежно соединено в стыках.

7.5.56. Оконцевание проводов и кабелей, присоединяемых непосредственно к нагревателям электропечей, следует выполнять опрессовкой наконечников, зажимными контактными соединениями, сваркой или пайкой твердым припоем.

7.5.57. В установках электропечей сопротивления мощностью 100 кВт и более рекомендуется устанавливать амперметры по одному на каждую зону на-



грева. Для электропечей с керамическими нагревателями следует устанавливать амперметры на каждую фазу.

7.5.58. Для установок электропечей сопротивления мощностью 100 кВт и более рекомендуется предусматривать установку счетчиков активной энергии (по одному на электропечь).

7.5.59. В установках электропечей сопротивления косвенного действия с ручной загрузкой электропечей, если их конструкция не исключает возможности случайного прикосновения обслуживающего персонала к нагревателям, находящимся под напряжением выше 42 В, следует применять блокировку, при которой открывание загрузочных окон возможно лишь при отключенной электропечи.

7.5.60. В установках прямого нагрева, работающих при напряжении выше 42 В переменного тока или выше 110 В постоянного тока, рабочая площадка, на которой находятся оборудование установки и обслуживающий персонал, должна быть изолирована от земли. Для установок непрерывного действия, где под напряжением находятся сматывающие и наматывающие устройства, по границам изолированной от земли рабочей площадки должны быть поставлены защитные сетки или стенки, исключающие возможность выброса разматываемой ленты или проволоки за пределы площадки (см. также пункт 7.5.13 настоящих Правил). Кроме того, такие установки должны снабжаться устройством контроля изоляции с действием на сигнал.

7.5.61. При применении в установках прямого нагрева жидкостных контактов, выделяющих токсичные или резкопахнувшие пары или возгоны, должны быть обеспечены герметичность контактных узлов и надежное улавливание паров и возгонов.

7.5.62. Ток утечки в установках прямого нагрева должен составлять не более 0,2 % номинального тока установки.

### **Электронно – лучевые установки**

7.5.63. Преобразовательные агрегаты электронно-лучевых установок, присоединяемые к электрической сети до 1 кВ, должны иметь защиту от пробоев изоляции цепей низшего напряжения и электрической сети, вызванных наведенными зарядами в первичных обмотках повысительных трансформаторов, а также защиту от КЗ во вторичной обмотке.

7.5.64. Электронно-лучевые установки должны иметь защиту от рентгеновского излучения, обеспечивающую полную радиационную безопасность, при которой уровень излучения на рабочих местах не должен превышать значений, допускаемых действующими нормативными документами для лиц, не работающих с источниками ионизирующих излучений.

Для защиты от коммутационных перенапряжений преобразовательные агрегаты должны оборудоваться разрядниками, устанавливаемыми на стороне высшего напряжения.

## **Глава 7.6. Электросварочные установки**

### **Область применения. Определения**

7.6.1. Настоящая Глава Правил распространяется на оборудуемые и используемые в закрытых помещениях или на открытом воздухе стационарные, переносные и передвижные электросварочные установки, предназначенные для выполнения электротехнологических процессов сварки, наплавки, напыления и резки (разделительной и поверхностной) плавлением и сварки с применением давления, в том числе:

- дуговой и плазменной сварки, наплавки, напыления, резки;
- атомно-водородной сварки;
- электронно-лучевой сварки;
- лазерной сварки и резки (сварки и резки световым лучом),
- электрошлаковой сварки;
- сварки контактным разогревом;
- контактной или диффузионной сварки, дугоконтактной сварки

Требования настоящей главы относятся к электросварочным установкам при использовании в них плавящихся или неплавящихся электродов, при обработке (соединении, резке и др.) металлических или неметаллических материалов в воздушной среде или среде газа (аргона, гелия, углекислого газа, азота и др.) либо водяного пара при давлении атмосферном, повышенном или пониженном (в том числе в вакууме), а также под водой или под слоем флюса.

7.6.2. Электросварочные установки должны удовлетворять требованиям других глав Правил в той мере, в какой они не дополнены настоящей Главой.

7.6.3. Электросварочные установки представляют собой совокупность функционально связанных между собой специальных электросварочных и общего назначения электротехнических и механических элементов, а также кабельных линий, электропроводок, токопроводов для внешних соединений этих элементов. Все устройства, используемые для электросварочных установок, должны быть изготовлены согласно утвержденной в установленном порядке технической документации и соответствовать действующим стандартам.

Выполнение работ на электросварочных установках должно предусматриваться в соответствии с требованиями государственного стандарта «Работы электросварочные. Требования безопасности» и правил технической эксплуатации электроустановок.

7.6.4. В зависимости от вида источника питания электроэнергией различают: автономные электросварочные установки, снабженные индивидуальными двигателями внутреннего сгорания (карбюраторными — бензиновыми или дизельными), и электросварочные установки, получающие питание от электрических сетей, в том числе присоединяемых к передвижным электростанциям.

7.6.5. Подача электрической энергии для обеспечения поступления необходимого количества теплоты в зону плавления или нагрева металла (или неметаллического материала) до пластического состояния. Для проведения указанных в пункте 7.6.1 настоящих Правил процессов осуществляется в электросварочных установках с использованием специальных электротехнических устройств, называемых источниками сварочного тока.

Электрические цепи электросварочных установок от выходных зажимов сварочных трансформаторов или преобразователей, предназначенные для прохождения сварочного тока, называются сварочными цепями.

7.6.6. Электросварочные установки по степени механизации на них технологических операций разделяются на установки, на которых эти операции выполняются вручную, установки полуавтоматические (когда автоматически поддерживается электрический режим сварки, а остальные операции выполняются вручную) и установки автоматические.

7.6.7. Комплекс оборудования, приспособлений для выполнения электро-технологических процессов, указанных в пункте 7.6.1 настоящих Правил, и рабочего места сварщика называется сварочным постом.

В состав стационарного сварочного поста для ручной сварки входят сварочный стол с тисками и приспособлениями или манипулятор.

7.6.8. Источники сварочного тока могут питать один или несколько сварочных постов; соответственно они называются однопостовыми или многопостовыми источниками сварочного тока.

### **Общие требования**

7.6.9. Оборудование электросварочных установок должно иметь исполнение, соответствующее условиям окружающей среды. Конструкция и расположение этого оборудования, ограждений и блокировок должны не допускать возможности его механического повреждения, а также случайных прикосновений к вращающимся или находящимся под напряжением частям. Исключение допускается для электрододержателей установок ручной дуговой сварки, резки и наплавки, а также для мундштуков, горелок для дуговой сварки и других деталей, находящихся под сварочным напряжением.

7.6.10. Размещение оборудования электросварочных установок, его узлов и механизмов, а также органов управления должно обеспечивать свобод-

ный, удобный и безопасный доступ к ним. Кроме того, расположение органов управления должно обеспечивать возможность быстрого отключения оборудования и остановки всех его механизмов.

7.6.11. Для электросварочных установок, оборудование которых требует оперативного обслуживания на высоте более 2 м, должны быть выполнены рабочие площадки, огражденные перилами, с постоянными лестницами. Площадки, ограждения и лестницы должны быть выполнены из негорюемых материалов, настил рабочей площадки должен иметь покрытие из диэлектрического материала, не распространяющего горение.

7.6.12. Все органы управления электросварочными установками, не имеющие фиксаторов положения, должны быть оборудованы ограждениями, исключающими случайное их включение или отключение.

7.6.13. В качестве источников сварочного тока должны применяться только специально для этого предназначенные и удовлетворяющие требованиям действующих стандартов сварочные трансформаторы или преобразователи статические или двигатель-генераторные с электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания. Питание сварочной дуги, электрошлаковой ванны и контактной сварки непосредственно от силовой, осветительной или контактной электрической сети не допускается.

Агрегаты переносных или передвижных электросварочных установок допускается располагать на автомобильном или тракторном прицепе или тележке, которые должны быть оборудованы тормозами.

7.6.14. Схема включения нескольких источников сварочного тока при работе их на одну сварочную дугу, электрошлаковую ванну или сопротивление контактной сварки должна исключать возможность возникновения между изделием и электродом напряжения, превышающего наибольшее напряжение холостого хода одного из источников сварочного тока.

7.6.15. Электрическая нагрузка нескольких однофазных источников сварочного тока должна по возможности равномерно распределяться между фазами трехфазной сети.

7.6.16. Однопостовой источник сварочного тока, как правило, должен располагаться на расстоянии не далее 15 м от сварочного поста.

7.6.17. Напряжение первичной цепи электросварочной установки должно быть не выше 660 В, эта цепь должна содержать коммутационный (отключающий) и защитный электрические аппараты (аппарат). Сварочные цепи не должны иметь электрических соединений с цепями, присоединяемыми к сети (в том числе с питаемыми от сети обмотками возбуждения генераторов преобразователей).

7.6.18. Электросварочные установки с многопостовым источником сварочного тока должны иметь устройство (автоматический выключатель, предохранители) для защиты источника от перегрузки, а также коммутационный и за-

щитный электрические аппараты (аппарат) на каждой линии, отходящей к сварочному посту.

7.6.19. Для определения: значения сварочного тока электросварочная установка должна иметь измерительный прибор. Электросварочная установка с однопостовым источником сварочного тока может не иметь измерительного прибора при наличии в источнике сварочного тока шкалы на регуляторе тока.

7.6.20. Переносные и передвижные электросварочные установки (кроме автономных) следует присоединять к электрическим сетям непосредственно кабелем или кабелем через троллей. Длина троллейных проводников не нормируется, их сечение должно быть выбрано с учетом мощности источника сварочного тока.

7.6.21. Присоединение переносной или передвижной электросварочной установки непосредственно к стационарной, электрической сети должно осуществляться с использованием коммутационного и защитного аппаратов (аппарата) с разъемными или разборными контактными соединениями. Обязательно наличие блокировки, исключающей возможность размыкания и замыкания этих соединений, присоединения (отсоединения) жил кабельной линии (проводов) при включенном положении коммутационного аппарата.

7.6.22. Кабельная линия первичной цепи переносной (передвижной) электросварочной установки от коммутационного аппарата до источника сварочного тока должна выполняться переносным гибким шланговым кабелем с алюминиевыми или медными жилами, с изоляцией и в оболочке (шланге) из не распространяющей горение резины или пластмассы. Источник сварочного тока должен располагаться на таком расстоянии от коммутационного аппарата, при котором длина соединяющего их гибкого кабеля не превышает 10—15 м.

7.6.23. Сварочные автоматы или полуавтоматы с дистанционным регулированием режима работы источника сварочного тока рекомендуется оборудовать двумя комплектами органов управления регулирующими устройствами (рукояток, кнопок и т. п.), устанавливаемых один у источника сварочного тока и второй на пульте или щите управления сварочным автоматом или полуавтоматом. Для возможности выбора вида управления регулятором (местного или дистанционного) должен быть установлен переключатель, снабженный механическим замком (с ключом).

7.6.24. Если двери (дверцы) шкафов и корпусов сварочного оборудования (машин), содержащих неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением выше 42 В переменного или выше 110 В постоянного тока, не имеют блокировки, обеспечивающей снятие напряжения при их открывании, то эти двери (дверцы) должны быть оборудованы замками со специальными ключами.

7.6.25. В электросварочных установках кроме заземления корпусов и других металлических нетоковедущих частей оборудования (согласно требованиям Главы 1.7 ПУЭ. Раздел I), как правило, должно быть предусмотрено заземление одного из зажимов (выводов) вторичной цепи источников сварочного тока: сварочных трансформаторов, статических преобразователей и тех двигатель-генераторных преобразователей, у которых обмотки возбуждения генераторов присоединяются к электрической сети без разделительных трансформаторов (см. также пункт 7.6.27 настоящих Правил)

В электросварочных установках, в которых дуга горит между электродом и электропроводящим изделием, следует заземлять зажим вторичной цепи источника сварочного тока, соединяемый проводником (обратным проводом) с изделием.

7.6.26. Сварочное электрооборудование для присоединения заземляющего проводника должно иметь болт (винт, шпильку) и вокруг него контактную площадку, расположенную в доступном месте, с надписью «Земля» (или с условным знаком заземления определенным по соответствующему государственному стандарту).

Вторичные соединители проводов для включения в электрическую цепь выше 42 В переменного тока и выше 110 В постоянного тока переносных пультов управления сварочных автоматов или полуавтоматов должны иметь заземляющие контакты.

7.6.27. Электросварочные установки, в которых по условиям электротехнологического процесса не может быть выполнено заземление согласно пункту 7.6.25 настоящих Правил, а также переносные и передвижные электросварочные установки, заземление оборудования которых представляет значительные трудности, должны быть снабжены устройствами защитного отключения (см. также пункт 1.7.42 ПУЭ. Раздел I).

7.6.28. Конденсаторы, используемые в электросварочных установках в целях накопления энергии для сварочных импульсов, должны иметь устройство для автоматической разрядки при снятии защитного кожуха или при открывании дверей шкафов, в которых установлены конденсаторы.

7.6.29. При водяном охлаждении элемент электросварочных установок должна быть предусмотрена возможность контроля за состоянием охлаждающей системы применением воронок для стока воды или струйных реле. В системах водяного охлаждения автоматов (полуавтоматов) рекомендуется использовать реле давления, струйные или температуры (два последних применяются на выходе воды из охлаждающих устройств) с работой реле на сигнал. Если прекращение протока или перегрев охлаждающей воды может привести к аварийному повреждению оборудования, должно быть обеспечено автоматическое отключение установки.

В системах водяного охлаждения, в которых возможен перенос по трубопроводам потенциала, опасного для обслуживающего персонала, должны быть предусмотрены изолирующие шланги (длину шлангов выбирают согласно пункту 7.5.29 настоящих Правил).

Расположение разъемных соединений и шлангов системы водяного охлаждения должно исключать возможность попадания струи воды на электрооборудование (источник сварочного тока или др.) при снятии или повреждении шлангов.

### **Требования к помещениям для электросварочных установок и сварочных постов**

7.6.30. Здания и вентиляционные устройства сборочно-сварочных цехов и участков, в которых размещаются электросварочные установки и сварочные посты, должны отвечать требованиям действующих стандартов, санитарных правил и противопожарных инструкций, а также КМК. Сварочное производство следует относить к категории Г по КМК «Генеральные планы промышленных предприятий», за исключением производств с электросварочными установками, использующими такие газы (например, водород), которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси.

7.6.31. Для электросварочных установок и сварочных постов, предназначенных для постоянных электросварочных работ в зданиях вне сборочно-сварочных цехов и участков, должны быть предусмотрены специальные вентилируемые помещения со стенками из негорючих материалов. Площадь и объем таких помещений и системы их вентиляции должны соответствовать требованиям действующих санитарных правил и КМК с учетом габаритов сварочного оборудования и свариваемых изделий.

7.6.32. Сварочные посты допускается размещать во взрыво- и пожароопасных зонах только для временных электросварочных работ, выполняемых с соблюдением требований правил в области безопасного ведения работ в промышленности, горном деле и коммунально-бытовом секторе.

7.6.33. В помещениях для электросварочных установок должны быть предусмотрены достаточные по ширине проходы, обеспечивающие удобство и безопасность производства сварочных работ и доставки изделий к месту сварки и обратно, но не менее 0,8 м.

7.6.34. Площадь отдельного помещения для электросварочных установок должна быть не менее 10 м<sup>2</sup>, причем площадь, свободная от оборудования и материалов, должна составлять не менее 3 м<sup>2</sup> на каждый сварочный пост.

7.6.35. Сварочные посты для систематического выполнения ручной дуговой сварки или сварки в среде защитных газов изделий малых и средних габаритов

непосредственно в непожароопасных цехах должны быть размещены в специальных кабинах со стенками из негоряемого материала. Глубина кабины должна быть не менее двойной длины, а ширина — не менее полуторной длины свариваемых изделий, однако площадь кабины должна быть не менее  $2 \times 1,5$  м. При установке источника сварочного тока в кабине ее размеры должны быть соответственно увеличены.

Высота стенок кабины должна быть не менее 2 м, зазор между стенками и полом — 50 мм, а при сварке в среде защитных газов — 300 мм. В случае движения над кабиной мостового крана верх кабины должен быть закрыт сеткой с ячейками не более  $50 \times 50$  мм.

7.6.36. Выполнение работ на сварочных постах при несистематической ручной дуговой сварке, сварке под флюсом и электрошлаковой сварке допускается непосредственно в пожароопасных помещениях при условии ограждения места работы щитами или занавесами из негоряемых материалов высотой не менее 1,8 м.

7.6.37. Электросварочные установки при систематической сварке на них изделий массой более 20 кг должны быть оборудованы соответствующими подъемно-транспортными устройствами для облегчения установки и транспортировки свариваемых изделий.

7.6.38. Искусственное освещение электросварочных установок сборочно-сварочных цехов, участков, мастерских и отдельных сварочных постов (сварочных кабин) и мест сварки должно соответствовать требованиям КМК «Естественное и искусственное освещение» и соответствующих инструкций, утвержденных Госкомархитектстройом.

7.6.39. На электросварочных установках при ручной сварке толстообмазанными электродами, электрошлаковой сварке, сварке под флюсом и при автоматической сварке открытой дугой должен быть предусмотрен отсос газов непосредственно вблизи дуги или электрода.

7.6.40. На сварочных постах при сварке открытой дугой и под флюсом внутри резервуаров, закрытых полостей и конструкций должно обеспечиваться вентилирование соответственно характеру выполняемых работ. При невозможности осуществления необходимого вентилирования следует предусматривать принудительную подачу чистого воздуха под маску сварщика в количестве  $6-8 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

7.6.41. Над переносными и передвижными электросварочными установками, находящимися на открытом воздухе, должны быть сооружены навесы из негоряемых материалов для защиты рабочего места сварщика и электросварочного оборудования от атмосферных осадков.

Навесы допускается не сооружать, если электрооборудование электросварочной установки имеет оболочки со степенью защиты, соответствующей условиям работы в наружных установках, и во время дождя и снегопада электросварочные работы будут прекращаться.



## Установки электрической сварки (резки, наплавки) плавлением

7.6.42. Проходы между однопостовыми источниками сварочного тока - преобразователями (статическими и двигатель-генераторными) установок сварки (резки, наплавки) плавлением - должны быть шириной не менее 0,8 м, между многопостовыми — не менее 1,5 м, расстояние от одно- и многопостовых источников сварочного тока до стены должно быть не менее 0,5 м.

Проходы между группами сварочных трансформаторов должны иметь ширину не менее 1 м. Расстояние между сварочными трансформаторами, стоящими рядом в одной группе, должно быть не менее 0,1 м, между сварочным трансформатором и ацетиленовым генератором — не менее 3 м.

Сварочные провода следует располагать от трубопроводов кислорода на расстоянии не менее 0,5 м, а от трубопроводов ацетилена и других горючих газов — не менее 1 м.

Регулятор сварочного тока может устанавливаться рядом со сварным трансформатором или над ним. Установка сварочного трансформатора над регулятором тока не допускается.

7.6.43. Проходы с каждой стороны стеллажа для выполнения ручных сварочных работ на крупных деталях или конструкциях должны быть шириной не менее 1 м. Столы для мелких сварочных работ могут примыкать с одной стороны непосредственно к стене кабины; проходы с других сторон стола должны быть не менее 1 м. Кроме того, в сварочной мастерской должны быть предусмотрены проходы, ширина которых устанавливается в зависимости от числа работающих, но не менее 1 м.

7.6.44. Проходы с каждой стороны установки автоматической дуговой сварки под флюсом крупных изделий, а также установок дуговой сварки в защитном газе, плазменной, электронно-лучевой сварки и сварки световым лучом должны быть шириной не менее 1,5 м.

7.6.45. Для подвода тока от источника сварочного тока к электрододержателю установки ручной дуговой сварки (резки, наплавки) или к дуговой плазменной горелке прямого действия установки плазменной резки (сварки) должен применяться сварочный гибкий провод с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке. Применение проводов с изоляцией или в оболочке из полиэтилена и других полимерных материалов, распространяющих горение, не допускается.

7.6.46. Электрические проводки установок и аппаратов, предназначенных для дуговой сварки ответственных конструкций: судовых секций, несущих конструкций здания, мостов, летательных аппаратов, подвижного состава железных дорог и других средств передвижения, сосудов, котлов и трубопроводов на давление более

5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>), трубопроводов для токсичных веществ и т. п. — должны быть выполнены проводами с медными жилами.

7.6.47. В качестве обратного проводника, соединяющего свариваемое изделие с источником сварочного тока в указанных в пункте 7.6.45 настоящих Правил установках стационарного использования, могут служить гибкие и жесткие провода, а также, где это возможно, стальные или алюминиевые шины любого профиля достаточного сечения, сварочные плиты, стеллажи и свариваемая конструкция (см. также пункты 7.6.48 и 7.6.49 настоящих Правил).

В электросварочных установках с переносными и передвижными сварочными трансформаторами обратный провод должен быть изолированным так же, как и прямой провод, присоединяемый к электрододержателю.

Соединение между собой отдельных элементов, используемых в качестве обратного провода, должно выполняться сваркой или с помощью болтов, струбцин, зажимов.

7.6.48. В установках для автоматической дуговой сварки в случае необходимости (например, при сварке круговых швов) допускается соединение обратного провода со свариваемым изделием при помощи скользящего контакта соответствующей конструкции.

7.6.49. Не допускается использование в качестве обратного проводника проводников сети заземления, а также металлических строительных конструкций зданий, трубопроводов и технологического оборудования. Как исключение, допускается использование для этой цели при монтажных и ремонтных работах металлических строительных конструкций зданий (в том числе подкрановых путей) при условии, что вся цепь обратного провода находится в пределах видимости и может быть проверена от источника питания до места сварочных работ.

7.6.50. Электрододержатели для ручной дуговой сварки и резки металлическим и угольным электродами должны удовлетворять требованиям действующих стандартов.

7.6.51. Напряжение холостого хода источников сварочного тока установок дуговой сварки при номинальном напряжении сети не должно превышать для источников переменного тока при ручной и полуавтоматической дуговой сварке 80 В (действующее значение), при автоматической дуговой сварке 140 В, для источников постоянного тока (среднее значение) 100 В. В цепи сварочного тока генераторов допускаются кратковременные пики напряжения при обрыве дуги длительностью не более 0,5 с.

7.6.52. Для возбуждения дуги в установках дуговой сварки (резки) без предварительного замыкания сварочной цепи между электродом и свариваемым изделием и повышения стабильности горения дуги допускается применение преобразователей повышенной частоты (осцилляторов).

Для повышения устойчивости горения дуги переменного тока допускается применение в установках дуговой сварки (резки) импульсных генераторов, резко поднимающих напряжение между электродом и свариваемым изделием в момент повторного возбуждения дуги. Импульсный генератор не должен увеличивать напряжение холостого хода сварочного трансформатора более чем на 1 В (действующее значение).

7.6.53. Электродвигатель переменного тока подвижной сварочной головки сварочных автоматов и полуавтоматов должен получать питание только через понижающий трансформатор со вторичной обмоткой напряжением не выше 42 В, электрически изолированной от первичной обмотки. Один из выводов вторичной цепи такого трансформатора должен быть наглухо заземлен. Корпус электродвигателя допускается при этом не заземлять. Номинальное напряжение электродвигателя постоянного тока не должно превышать 110 В.

В стационарных автоматах с неподвижной сварочной головкой допускается питание электродвигателя переменного тока непосредственно от сети напряжением 220 или 380 В и электродвигателя постоянного тока от сети 220 и 440 В при обязательном заземлении их корпусов, которые должны быть электрически изолированы от токоведущих частей, гальванически связанных с электродом.

7.6.54. Напряжение холостого хода источников сварочного тока установок плазменной обработки при номинальном напряжении сети не должно превышать для установок автоматической резки 500 В, для установок полуавтоматической резки или напыления 300 В, для установок ручной резки, сварки или наплавки 180 В.

7.6.55. Установки для автоматической плазменной резки должны иметь блокировку, исключающую шунтирование замыкающих контактов в цепи питания обмотки коммутационного аппарата без электрической дуги.

7.6.56. Управление процессом механизированной плазменной резки должно быть дистанционным. Напряжение холостого хода на дуговую головку до появления «дежурной» дуги должно подаваться коммутационным аппаратом при включении кнопки «Пуск», не имеющей самоблокировки. Кнопка «Пуск» должна блокироваться автоматически после возбуждения «дежурной» дуги.

7.6.57. Источники питания сварочным током электронных пушек установок электронно-лучевой сварки должны иметь разрядник, установленный между выводом положительного полюса выпрямителя и его заземленным корпусом. Кроме того, для предотвращения пробоев изоляции цепей низшего напряжения установки и изоляции электрической сети, к которой установка присоединяется, вызванных наведенными зарядами в первичных обмотках повышающих трансформаторов, между выводами первичной обмотки и землей должны включаться конденсаторы.

7.6.58. Электронно-лучевые установки должны иметь защиту от рентгеновского излучения, обеспечивающую их полную радиационную безопасность, при которой уровень излучения на рабочих местах не должен превышать допустимого действующими нормативами для лиц, не работающих с источниками ионизирующих излучений.

### **Установки электрической сварки с применением давления**

7.6.59. Ширина проходов между машинами точечной, роликовой (линейной) и рельефной сварки с расположением рабочих мест одно против другого должна быть не менее 2 м, а между машинами стыковой сварки — не менее 3 м. При расположении машин тыльными сторонами одна по отношению к другой ширина прохода должна быть не менее 1 м, при расположении передними и тыльными сторонами — не менее 1,5 м.

7.6.60. Машины контактной сварки методом сопротивления и контактной сварки оплавлением должны быть оборудованы ограждающими устройствами (предохраняющими обслуживающий персонал от выплесков металла и искр и позволяющими безопасно вести наблюдение за процессом сварки), а также устройствами для интенсивной местной вытяжной вентиляции.

7.6.61. Для подвода тока к специальным передвижным или подвесным машинам контактной сварки, используемым для сварки громоздких конструкций в труднодоступных местах, должен применяться гибкий шланговый кабель (провод) с изоляцией и в оболочке (шланге) из не распространяющей горение резины или пластмассы.

7.6.62. В подвесных машинах контактной сварки один проводник сварочной цепи должен быть соединен с корпусом подвесного трансформатора, а корпус этого трансформатора должен быть заземлен.

7.6.63. Вторичное напряжение холостого хода сварочного трансформатора машины контактной сварки при номинальном напряжении сети не должно превышать 42 В.

7.6.64. В подвесных машинах точечной и роликовой сварки со встроенными сварочными трансформаторами напряжение цепей управления, расположенных непосредственно на сварочных клещах, при номинальном напряжении сети не должно превышать 42 В для цепей переменного и 110 В для цепей постоянного тока. Такие машины должны быть включены в сеть через разделительный трансформатор и иметь блокировку, допускающую включение силовой цепи только при заземленном корпусе машины. Один из зажимов сварочной цепи должен быть соединен с корпусом машины. Подвод тока к подвесным машинам допускается выполнять проводниками с водяным охлаждением.

**Категории и группы  
взрывоопасных смесей по ПИВРЭ и ПИВЭ**

До введения в действие стандартов на взрывозащищенное электрооборудование последнее разрабатывается и маркируется по «Правилам изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования» (далее - ПИВРЭ). Кроме того, в эксплуатации имеется электрооборудование, разработанное и маркированное по «Правилам изготовления взрывозащищенного электрооборудования» (далее - ПИВЭ).

Таблица П1.1.

**Категории взрывоопасных смесей**

Категория	Критический зазор, мм
1	Более 1,00
2	От 0,65 до 1,00
3	От 0,35 до 0,65
4	До 0,35

Таблица П1.2.

**Группы взрывоопасных смесей по ПИВРЭ**

Группа	Температура самовоспламенения, °С
T1	Более 450
T2	» 300 до 450
T3	» 200 до 300
T4	» 135 до 200
T5	» 100 до 135

Таблица П1.3.

**Группа взрывоопасных смесей по ПИВЭ**

Группа	Температура самовоспламенения, °С
A	Более 450
Б	» 300 до 450
Г	» 175 до 300
Д	» 120 до 175

1. Категории взрывоопасных смесей по ПИВРЭ и ПИВЭ, приведены в Таблице П1.1.

Указанные в Таблице П1.1 значения критического зазора непригодны для контроля ширины щели взрывонепроницаемых оболочек в эксплуатации.

Контроль параметров взрывозащиты взрывозащищенного электрооборудования необходимо производить по чертежам средств взрывозащиты, имеющимся в эксплуатационных документах на конкретное взрывозащищенное электрооборудование.

2. Группы взрывоопасных смесей по ПИВРЭ приведены в Таблице П.1.2.

3. Группы взрывоопасных смесей по ПИВЭ приведены в Таблице П1.3.

4. При выборе электрооборудования с маркировкой по взрывозащите по ПИВРЭ и по ПИВЭ взрывозащищенность электрооборудования для взрывоопасных смесей определяется по Таблицам П1.4 и. П1.5.

Таблица П1.4

Категория взрывоопасной смеси по классификации ПИВРЭ и ПИВЭ	Категория взрывоопасной смеси по государственному стандарту «Система стандартов Безопасности труда. Общие санитарно — гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», для которой электрооборудование является взрывозащищенным
1	IIA
2	IIA
3	IIA, IIB
4	IIA, IIB, IIC

Таблица П1.5.

Группа взрывоопасной смеси в маркировке по взрывозащите электрооборудования, изготовленного по		Группа взрывоопасной смеси по государственному стандарту «Система стандартов Безопасности труда. Общие санитарно — гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» для которой электрооборудование является взрывозащищенным
ПИВРЭ	ПИВЭ	
T1	A	T1
T2	B	T1,T2
T3	-	T1-T3
T4	Г	T1-T4
T5	Д	T1-T5

5. Взрывозащищенное электрооборудование, выполненное по ПИВРЭ или ПИВЭ для 2-й категории (цифра 2 в маркировке по взрывозащите), допускается

применять во взрывоопасных смесях категории ПВ (указаны в Таблице 7.3.3), за исключением взрывоопасных смесей с воздухом коксового газа (ПВТ1), окиси пропилена (ПВТ2), окиси этилена (ПВТ2), формальдегида (ПВТ2), этилтрихлорсилана (ПВТ2), этилена (ПВТ2), винилтрихлорсидана (ПВТ3) и этилди-хлорсилана (ПТТ3). Возможность применения указанного электрооборудования во взрывоопасных смесях категории ПВ, не перечисленных в Таблица 7.3.3, необходимо согласовать с испытательными организациями.

6. Взрывозащищенное электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите обозначение 4а и изготовленное по ПИВРЭ, не является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей с воздухом ацетилена, метилдихлорсилана и трихлорсилана.

7. При выборе электрооборудования, имеющего взрывонепроницаемую оболочку и изготовленного по ПИВЭ, для взрывоопасных смесей категории ПС необходимо руководствоваться инструкциями по монтажу и эксплуатации на конкретные изделия, в которых указывается, для каких именно взрывоопасных смесей категории ПС электрооборудование является взрывозащищенным.

8. Электрооборудование, изготовленное по ПИВЭ и имеющее в маркировке по взрывозащите обозначение А, является также взрывозащищенным и для взрывоопасных смесей группы Т2, температура самовоспламенения которых выше 360 °С, а электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите обозначение Б, является взрывозащищенным и для взрывоопасных смесей группы Т3, температура самовоспламенения которых выше 240 °С.

9. Электрические машины и аппараты с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» в средах со взрывоопасными смесями категории 4 по классификации ПИВРЭ и ПИВЭ должны быть установлены так, чтобы взрывонепроницаемые фланцевые зазоры не примыкали вплотную к какой-либо поверхности, а находились от нее на расстоянии не менее 50 мм.

## **Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВРЭ**

1. Взрывозащищенное электрооборудование имеет маркировку с указанием:

а) уровня взрывозащиты;

б) наивысшей категории и наивысшей группы взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным;

в) вида или видов взрывозащиты.

2. Маркировка выполняется непосредственно на электрооборудовании в прямоугольной и круглой рамках.

В прямоугольной рамке обозначаются уровень взрывозащиты, категория и группа взрывозащитной смеси.

На первом месте обозначается буквой уровень взрывозащиты электрооборудования:

Повышенной надежности против взрыва. . . . . Н

Взрывобезопасное. . . . . В

Особовзрывобезопасное. . . . . О

На втором — четвертом местах обозначаются категории и группа взрывоопасной смеси: категория — цифрой согласно Таблице П1.1, группа—буквой Т и цифрой согласно Таблице П1.2.

В круглой рамке обозначается буквой вид (или виды) взрывозащиты:

Взрывонепроницаемая оболочка. . . . . В

Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением. . . . П

Искробезопасная электрическая цепь. . . . . И

Кварцевое заполнение оболочки. . . . . К

Масляное заполнение оболочки. . . . . М

Автоматическое отключение от источника электроэнергии. . . . . А

Специальный вид взрывозащиты. . . . . С

Повышенная надежность против взрыва (защита вида «е»). . . . . Н

Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВРЭ приведены в Таблице П2.1.



## Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВРЭ

Уровень взрывозащиты электрооборудования	Вид взрывозащиты	Категория и группа взрывоопасной смеси для которой предназначено электрооборудование	Маркировка по взрывозащите
Электрооборудование повышенной надежности против взрыва	защита вида «е»	Все категории, группы Т1 — Т4	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">H4T4</div> <span style="margin-left: 10px;">(H)</span>
	Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	1-я и 2-я категория группы Т1 — Т3	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">H2T1</div> <span style="margin-left: 10px;">(H)</span> <span style="margin-left: 10px;">(B)</span>
	Защита вида «е» и искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">H4T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(И)</span> <span style="margin-left: 10px;">(И)</span>
	Масляное заполнение оболочки и защита вида «е»	То же	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">H4T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(M)</span> <span style="margin-left: 10px;">(H)</span>
Взрывобезопасное электрооборудование	Взрывонепроницаемая оболочка	1-я и 2-я категория, группы Т1 — Т3	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B2T3</div> <span style="margin-left: 10px;">(B)</span>
	Искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B4T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(И)</span>
	Кварцевое заполнение оболочки	Все категории, группа Т1	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B4T1</div> <span style="margin-left: 10px;">(K)</span>
	Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	Все категории, группы Т1 — Т4	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B4T4</div> <span style="margin-left: 10px;">(П)</span>
	Масляное заполнение оболочки	Все категории и группы	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B4T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(M)</span>
	Специальный вид взрывозащиты	Все категории, группы Т1 — Т4	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B4T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(M)</span>
	Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	Категории 1, 3-я 4а группы Т1 — Т3	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B4T4</div> <span style="margin-left: 10px;">(C)</span>
	Взрывонепроницаемая оболочка, искробезопасная электрическая цепь и специальный вид взрывозащиты	Все категории и группы	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">H4aT1</div> <span style="margin-left: 10px;">(B)</span> <span style="margin-left: 10px;">(И)</span>
	Искробезопасная электрическая цепь и специальный вид взрывозащиты	1 — 3-я категории, все группы	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">B3T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(И)</span> <span style="margin-left: 10px;">(C)</span>
Особовзрывобезопасное электрооборудование	Искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">O4T5</div> <span style="margin-left: 10px;">(И)</span>

### Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ

Электрооборудование, изготовленное по ПИВЭ, на уровне взрывозащиты не подразделяется.

Виды взрывозащиты электрооборудования в маркировке по взрывозащите обозначаются теми же буквами, что и по ПИВРЭ (см. пункт 2 Приложение 2 (справочное) к настоящей Главе).

В маркировку по взрывозащите электрооборудования в указанной ниже последовательности входят:

а) обозначение вида взрывозащиты;

б) обозначение наивысшей категории взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным (согласно Таблице П1.1), если взрывозащита электрооборудования или отдельных его частей обеспечивается взрывонепроницаемой оболочкой; для электрооборудования с остальными видами взрывозащиты, являющегося взрывозащищенным для взрывоопасных смесей всех категорий, вместо обозначения категории взрывоопасной смеси ставится цифра 0;

в) обозначение наивысшей группы взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным (согласно Таблице П1.3).

Для электрооборудования с защитой вида «е» (повышенная надежность против взрыва) с искрящими частями, заключенными в оболочку, заполненную маслом или продуваемую под избыточным давлением, вместо цифры 0 ставится обозначение соответствующего вида взрывозащиты: М или П.

Для электрооборудования с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» указывается наименование горючего вещества, на котором оно испытано. Обозначение категории и группы для такого электрооборудования не проставляется.

Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ приведены в Таблице П3.1.

К уровню «электрооборудование повышенной надежности против взрыва» относится электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите букву Н, а также цифру 2 перед буквой И, например:

МНБ, НОГ, Н2А, НПД, НОА,  $\frac{2И}{\text{бензол}}$ ,  $\frac{2ИО}{\text{водород}}$  и т. п.

Электрооборудование с остальными маркировками по взрывозащите, выполненными по ПИВЭ, следует относить к уровню «взрывобезопасное электрооборудование».

Таблица ПЗ.1.

**Примеры маркировки взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ**

Вид взрывозащиты электрооборудования	Категория и группа взрывоопасной смеси, для которых предназначено электрооборудование	Маркировка по взрывозащите
Взрывонепроницаемая оболочка	1-я категория, группа А 1 — 3-я категории, группы А, Б и Г Все категории, группа А	В1А ВЗГ В4А
Масляное заполнение оболочки и взрывонепроницаемая оболочка	1 — 3-я категории, группа А	МЗА
Масляное заполнение оболочки и защита вида «е»	Все категории, группы А и Б	МНБ
Защита вида «е»	Все категории, группы А, Б и Г	НОГ
Защита вида «е» и взрывонепроницаемая оболочка	1-я и 2-я категории, группа А	Н2А
Защита «е» и заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	Все категории и группы	Н1Д
Защита вида «е» и масляное заполнение оболочки	Все категории и группы	НМД
Защита вида «е» и искробезопасная электрическая цепь	Все категории, группа А	НОА $\frac{2И}{\text{бензол}}$
Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением	Все категории и группы	110Д
Искробезопасная электрическая цепь и взрывонепроницаемая оболочка	1 — 3-я категории, группы А, Б и Г	$\frac{ИЗГ}{\text{серный эфир}}$
Искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	$\frac{ИО}{\text{водород}}$
Специальный вид взрывозащиты	Все категории, группы А, Б и Г	СО1
Специальный вид взрывозащиты и искробезопасная электрическая цепь	Все категории и группы	СОД $\frac{И}{\text{водород}}$
Взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная электрическая цепь	1 — 3-я категории, группы А, Б и Г	ВЗГ $\frac{И}{\text{серный эфир}}$

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
<b>Раздел I. Общие правила</b>	
Глава 1.1. Общая часть.....	5
Область применения, определения.....	5
Общие указания по устройству электроустановок.....	8
Присоединение электроустановок к энергосистеме.....	12
Передача электроустановок в эксплуатацию.....	12
Глава 1.2. Электроснабжение и электрические сети.....	12
Область применения, определения.....	12
Общие требования.....	13
Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения.....	14
Уровни и регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности.....	16
Глава 1.3. Выбор проводников по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны.....	17
Область применения.....	17
Выбор сечений проводников по нагреву.....	17
Допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией Допустимые длительные токи для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.....	18
Допустимые длительные токи для неизолированных проводов и шин.....	19
Выбор сечения проводников по экономической плотности тока.....	21
Проверка проводников по условиям короны и радиопомех.....	23
Глава 1.4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания.....	24
Область применения.....	24
Общие требования.....	24
Определение токов короткого замыкания для выбора аппаратов и проводников.....	26
Выбор проводников и изоляторов, проверка несущих конструкций по условиям динамического действия токов короткого замыкания.....	27
Выбор проводников по условиям нагрева при коротком замыкании.....	28

Выбор аппаратов по коммутационной способности .....	29
Глава 15. Учет электроэнергии.....	30
Область применения, определения.....	30
Общие требования.....	30
Пункты установки средств учета электроэнергии.....	31
Требования к расчетным счетчикам.....	34
Учёт с применением измерительных трансформаторов.....	34
Установка счетчиков и электропроводка к ним.....	36
Технический учет.....	38
Глава 16. Измерения электрических величин.....	39
Область применения.....	39
Общие требования.....	39
Измерение тока.....	40
Измерение напряжения.....	40
Контроль изоляции.....	41
Измерение мощности.....	41
Измерение частоты.....	42
Измерения при синхронизации.....	43
Регистрация электрических величин в аварийных режимах.....	43
Глава 17. Заземление и защитные меры электробезопасности.....	44
Область применения, определения.....	44
Общие требования.....	46
Части, подлежащие занулению или заземлению.....	50
Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью.....	51
Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью.....	55
Электроустановки напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.....	56
Электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.....	58
Электроустановки в районах с большим удельным сопротивлением земли.....	58
Заземлители.....	59
Заземляющие и нулевые защитные проводники.....	60
Соединения и присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников.....	64
Переносные электроприемники.....	65
Передвижные электроустановки.....	66
Глава 18. Нормы прямо-сдаточных испытаний.....	69
Общие положения.....	69
Синхронные генераторы и компенсаторы.....	71
Машины постоянного тока.....	75
Электродвигатели переменного тока.....	76

Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие .....	77
дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки).....	77
Измерительные трансформаторы.....	80
Масляные выключатели.....	82
Воздушные выключатели.....	84
Элегазовые выключатели.....	85
Вакуумные выключатели.....	87
Выключатели нагрузки.....	88
Разъединители, отделители и короткозамыкатели.....	89
Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (КРУ и КРУН).....	90
Комплектные экранированные токопроводы с воздушным охлаждением и шинопроводы.....	91
Сборные и соединительные шины.....	92
Сухие токоограничивающие реакторы.....	93
Статические преобразователи для промышленных целей.....	93
Бумажно-масляные конденсаторы.....	95
Вентильные разрядники.....	96
Трубчатые разрядники.....	96
Предохранители напряжением выше 1000 В.....	96
Вводы и проходные изоляторы.....	97
Фарфоровые подвесные и опорные изоляторы.....	98
Трансформаторное масло.....	99
Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1000 В.....	100
Аккумуляторные батареи.....	100
Заземляющие устройства.....	102
Силовые кабельные линии.....	102
Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 В.....	104
Приложение №1.....	105
Приложение № 2.....	133
Приложение № 3.....	137
Приложение № 4.....	138
<b>Раздел II. Канализация электроэнергии</b> .....	<b>163</b>
<b>Глава 2.1. Электропроводки.....</b>	<b>163</b>
Область применения, определения.....	163
Общие требования.....	165
Выбор вида электропроводки, выбор проводов и кабелей и способа их прокладки.....	168
Открытые электропроводки внутри помещений.....	174
Скрытые электропроводки внутри помещений.....	177
Электропроводки в чердачных помещениях.....	177
Наружные электропроводки.....	178

Глава 2.2 Токопроводы напряжением до 35 кВ.....	179
Область применения, определения.....	179
Общие требования.....	180
Токопроводы напряжением до 1000 В.....	182
Токопроводы напряжением выше 1000В.....	184
Гибкие токопроводы напряжением выше 1000 В.....	185
Глава 2.3 Кабельные линии напряжением до 220 кВ.....	186
Область применения, определения.....	186
Общие требования.....	188
Выбор способов прокладки.....	191
Выбор кабелей.....	192
Подпитывающие устройства и сигнализация давления масла кабельных маслонаполненных линий.....	195
Соединения и заделки кабелей.....	196
Заземление.....	197
Специальные требования к кабельному хозяйству электростанций, подстанций и распределительных устройств.....	198
Прокладка кабельных линий в земле.....	200
Прокладка кабельных линий в кабельных блоках, трубах и железобетонных лотках.....	207
Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях.....	208
Прокладка кабельных линий в производственных помещениях.....	224
Подводная прокладка кабельных линий.....	224
Прокладка кабельных линий по специальным сооружениям.....	226
Глава 2.4 Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В.....	227
Область применения, определения.....	227
Общие требования.....	227
Расчетные климатические условия.....	228
Провода, арматура.....	229
Расположение проводов на опорах.....	230
Изоляция.....	231
Защита от перенапряжений, заземление.....	231
Опоры.....	232
Габариты, пересечения и сближения.....	234
Пересечения, сближения совместная подвеска ВЛ с линиями связи, проводного вещания.....	236
Пересечение, сближение с инженерными сооружениями.....	240
Глава 2.5 Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000В.....	242
Область применения, определения.....	242
Общие требования.....	244
Климатические условия.....	248
Расположение проводов и тросов и расстояния между ними.....	266
Изоляция.....	271
Защита от перенапряжений, заземление.....	272

Арматура.....	278
Опоры.....	279
Прохождение ВЛ по ненаселенной и труднодоступной местности.....	285
Прохождение ВЛ по лесным массивам, зеленым насаждениям, пахотным и культурным землям.....	285
Прохождение ВЛ по населенной местности.....	286
Пересечение и сближение ВЛ между собой.....	289
Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи, сигнализации и проводного вещания.....	292
Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами.....	298
Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами.....	302
Пересечение и сближение ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями.....	304
Пересечение ВЛ с водными пространствами.....	304
Прохождение ВЛ по мостам.....	306
Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам.....	307
Сближение ВЛ с водоохладителями.....	308
Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками.....	308
Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами.....	308
Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами.....	310
Сближение ВЛ с нефтяными и газовыми факелами.....	311
Сближение ВЛ с аэродромами.....	312
Приложение к Главе 2.5.....	313
<b>Раздел III. Защита и автоматика</b> .....	<b>319</b>
Глава 3.1. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ.....	319
Область применения, определения.....	319
Требования к аппаратам защиты.....	319
Выбор защиты.....	320
Места установки аппаратов защиты.....	322
Глава 3.2. Релейная защита.....	324
Область применения.....	324
Общие требования.....	325
Защита турбогенераторов, работающих непосредственно на сборные шины генераторного напряжения.....	336
Защита трансформаторов (автотрансформаторов) с обмоткой высшего напряжения 3 кВ и выше и шунтирующих реакторов 500 кВ.....	341
Защита блоков генератор-трансформатор.....	349
Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 6-10 кВ с изолированной нейтралью.....	358
Защита воздушных и кабельных линий в сетях напряжением 20 и 35 кВ с изолированной нейтралью.....	360
Защита воздушных линий в сетях напряжением 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью.....	363
Защита шин. Защита на обходном, шинносоединительном и секционном выключателях.....	368



Защита синхронных компенсаторов.....	372
Глава 3.3. Автоматика и телемеханика.....	373
Область применения. Общие требования.....	373
Автоматическое повторное включение (АПВ).....	374
Автоматическое включение резервного питания и оборудования (АВР).....	383
Включение генераторов.....	386
Автоматическое регулирование частоты и активной мощности (АРЧМ).....	391
Автоматическое предотвращение нарушений устойчивости.....	393
Автоматическое прекращение асинхронного режима.....	394
Автоматическое ограничение снижения частоты.....	395
Автоматическое ограничение повышения частоты.....	397
Автоматическое ограничение снижения напряжения.....	397
Автоматическое ограничение повышения напряжения.....	397
Автоматическое предотвращение перегрузки оборудования.....	398
Телемеханика.....	398
Глава 3.4. Вторичные цепи.....	403
<b>Раздел IV. Распределительные устройства и подстанции.....</b>	<b>414</b>
Глава 4.1. Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока.....	414
Область применения.....	414
Установка приборов и аппаратов.....	417
Шины, провода, кабели.....	418
Конструкции распределительных устройств.....	418
Установка распределительных устройств в электропомещениях.....	419
Установка распределительных устройств в производственных помещениях.....	420
Установка распределительных устройств на открытом воздухе.....	421
Глава 4.2. Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ.....	421
Область применения.....	421
Общие требования.....	421
Открытые распределительные устройства.....	432
Закрытые распределительные устройства и подстанции.....	448
Внутрицеховые трансформаторные подстанции.....	459
Столбовые (мачтовые) трансформаторные подстанции.....	463
Защита от грозовых перенапряжений.....	464
Защита вращающихся электрических машин от грозовых перенапряжений.....	472
Защита от внутренних перенапряжений.....	486
Пневматическое хозяйство.....	488
Масляное хозяйство.....	494
Установка силовых трансформаторов.....	494

Глава 4.3. Преобразовательные подстанции и установки.....	503
Область применения, определения.....	503
Общие требования.....	504
Защита преобразовательных агрегатов.....	505
Размещение оборудования, защитные мероприятия.....	508
Охлаждение преобразователей.....	511
Отопление, вентиляция и водоснабжение.....	512
Строительная часть.....	513
Глава 4.4 Аккумуляторные установки.....	514
Область применения.....	514
Электрическая часть.....	514
Строительная часть.....	517
Санитарно техническая часть.....	519
<b>Раздел V. Электросиловые установки.....</b>	<b>523</b>
Глава 5.1. Электромашинные помещения.....	523
Область применения, определения.....	523
Общие требования.....	523
Размещение и установка электрооборудования.....	524
Смазка подшипников электрических машин.....	528
Вентиляция и отопление.....	528
Строительная часть.....	529
Глава 5.2. Генераторы и синхронные компенсаторы.....	530
Область применения.....	530
Общие требования.....	531
Охлаждение и смазка.....	531
Системы возбуждения.....	537
Системы возбуждения.....	537
Глава 5.3. Электродвигатели и их коммутационные аппараты.....	542
Область применения.....	542
Общие требования.....	542
Выбор электродвигателей.....	543
Установка электродвигателей.....	545
Коммутационные аппараты.....	546
Защита асинхронных и синхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ.....	548
Защита электродвигателей напряжением до 1 кВ (асинхронных, синхронных и постоянного тока).....	554

Глава 5.4 Электрооборудование кранов.....	556
Область применения, определения.....	556
Общие требования.....	557
Троллей напряжением до 1 кВ.....	559
Выбор и прокладка проводов и кабелей.....	563
Управление, защита, сигнализация.....	564
Освещение.....	565
Заземление.....	565
Электрооборудование кранов напряжением выше 1 кВ.....	566
Глава 5.5 Электрооборудование лифтов.....	567
Область применения, определения.....	567
Общие требования.....	568
Электропроводка и токоподвод к кабине.....	568
Электрооборудование машинного помещения.....	569
Защита.....	570
Освещение.....	571
Заземление.....	571
Установки с бесконтактной аппаратурой управления.....	572
<b>Раздел VI. Электрическое освещение.....</b>	<b>580</b>
Глава 6.1. Общая часть.....	580
Область применения, общие требования.....	580
Питание аварийного и эксплуатационного освещения.....	584
Выполнение и защита осветительных сетей.....	585
Заземление.....	586
Глава 6.2. Внутреннее освещение.....	588
Глава 6.3. Наружное освещение.....	590
Глава 6.4. Рекламное освещение.....	593
Глава 6.5. Осветительная арматура, установочные аппараты	
Осветительная арматура и патроны.....	595
Установочные аппараты.....	597
<b>Раздел VII. Электрооборудование специальных установок</b>	
Глава 7.1. Электрооборудование жилых и общественных зданий.....	601
Область применения, определения.....	601

Общие требования.....	602
Трансформаторные подстанции.....	602
Вводные устройства, распределительные щиты распределительные пункты и групповые щитки.....	603
Электропроводки и кабельные линии.....	605
Внутреннее электрооборудование.....	608
Силовое электрооборудование.....	609
Учет электроэнергии.....	610
Заземление.....	611
<b>Глава 7.2 Электрооборудование зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений.....</b>	<b>612</b>
Общие требования.....	613
Электроснабжение.....	613
Электрическое освещение.....	616
Силовое электрооборудование.....	618
Электропроводки и кабельные линии.....	620
Заземление.....	621
<b>Глава 7.3 Электроустановки во взрывоопасных зонах.....</b>	<b>621</b>
Область применения.....	621
Определения.....	622
Классификация взрывоопасных смесей по государственным стандартам.....	624
Классификация и маркировка взрывозащитного электрооборудования по государственным стандартам.....	625
Классификация взрывоопасных зон.....	638
Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон.....	644
Общие требования.....	644
Электрические машины.....	648
Электрические аппараты и приборы.....	648
Электрические грузоподъемные механизмы.....	650
Электрические светильники.....	650
Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции.....	651
Электропроводки, токопроводы и кабельные линии.....	655
Заземление.....	664
Молниезащита и защита от статического электричества.....	666
<b>Глава 7.4 Электроустановки в пожароопасных зонах.....</b>	<b>666</b>
Область применения.....	666
Определения. Общие требования.....	666
Электрические машины.....	668
Электрические аппараты и приборы.....	670
Электрические грузоподъемные механизмы.....	671
Распределительные устройства, трансформаторные и преобразовательные подстанции.....	672
Электрические светильники.....	673
Электропроводки, токопроводы, воздушные и кабельные линии.....	674

Глава 7.5 Электротермические установки .....	676
Область применения.....	676
Общие требования .....	677
Установки дуговых печей прямого, косвенного и комбинированного действия (руднотермические и ферросплавные) .....	698
Установки индукционные и диэлектрического нагрева.....	700
Установка электропечей (электротермических устройств) сопротивления прямого и косвенного действия.....	701
Электронно – лучевые установки.....	703
Глава 7.6 Электросварочные установки.....	704
Область применения. Определения.....	704
Общие требования.....	705
Требования к помещениям для электросварочных установок и сварочных постов. ....	709
Установки электрической сварки (резки, наплавки) плавлением.....	711
Установки электрической сварки с применением давления.....	714
Приложение 1 к Главе 7.3.....	715
Приложение 2 к Главе 7.3.....	718
Приложение 3 к Главе 7.3.....	720

## **Раздел VI. Электрическое освещение**

### **Глава 6.1. Общая часть**

#### **Область применения, общие требования**

6.1.1. Настоящий раздел Правил распространяется на установки электрического освещения зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также на рекламное освещение.

При проектировании освещения зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также рекламного освещения должны выполняться требования Курилиш меъёрлари ва Коидалари (далее - КМК) «Естественное и искусственное освещение», «Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов», «Электрооборудование жилых и общественных зданий» и «Электротехнические устройства».

Электрическое освещение специальных установок (жилые и общественные здания, зрелищные предприятия, взрывоопасные и пожароопасные установки), кроме требований настоящего раздела, должно удовлетворять также требованиям соответствующих глав Правил устройства электроустановок (далее - ПУЭ) Раздел VII.

6.1.2. Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсаций освещенности и другие качественные показатели осветительных установок должны приниматься в соответствии с требованиями КМК «Естественное и искусственное освещение» и другими соответствующими нормативными документами.

6.1.3. Для электрического освещения должны применяться газоразрядные лампы (люминесцентные, ртутные высокого давления с исправленной цветностью типов ДРЛ, ДРИ, натриевые, ксеноновые) и лампы накаливания, а так же новые осветительные электроустановки, отвечающие международным стандартам.

6.1.4. В установках с газоразрядными лампами должны быть предусмотрены защитные устройства для снижения радиопомех до значений, указанных в "Нормах допускаемых промышленных радиопомех. Светильники с люминесцентными лампами. Допускаемые