

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА “ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА”



**Учебно-методический комплекс**  
**по дисциплине**

**НАДЕЖНОСТЬ**  
**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Область знаний:** 300 000 – *Инженерное дело*  
**Область образования:** 310 000 – *Энергетика (по отраслям)*  
**Направление образования:** 5310200 – *Электроэнергетика (по отраслям и направлениям)*

**НАВОИЙ-2017г**

РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛТЕТ  
КАФЕДРА “ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА”

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по учебной работе

Н.А. Абдуазизов

30 08 2017г.



По дисциплине

**НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**


Учебно-методический  
комплекс

**Составители:**

Атауллаев Н.О. – стар. Пред. кафедры «Электроэнергетика»,  
Нарзуллаев Б.Ш. – ассистент кафедры «Электроэнергетика»

Рабочая учебная программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика» от «25 \_\_\_\_» \_\_\_\_ августа \_\_\_\_\_ 2017 года. (Протокол №\_1\_)

Заведующий кафедрой

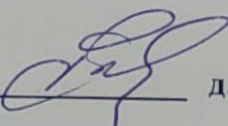


Товбаев А.Н.

Рабочая учебная программа обсуждена и одобрена на Совете горного факультета “\_26\_” \_\_\_\_ августа \_\_\_\_\_ 2017 года (Протокол №\_1\_).

**Председатель учебно-методического**

Совета факультета

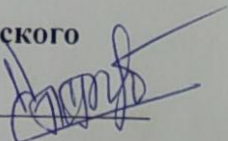


д.п.н., проф. Бозорова С.Ж.

УМК решением учебно-методическим советом института от 30 августа 2017  
г протоколом №1 рекомендована в учебный процесс.

**Секретарь учебно-методического**

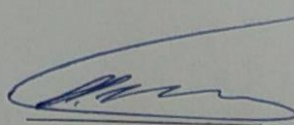
совета института.



Норматова М.

**Согласовано:**

Начальник учебно-  
методического отдела



Каримов И.А.

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# ЛЕКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по предмету

## НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Надежность электроснабжения» рассматривает общие вопросы надежности систем электроснабжения. Проблема надежности систем электроснабжения и их элементов связана с вопросами определения и оптимизации показателей надежности объектов на стадиях проектирования, сооружения и эксплуатации.

Основная цель дисциплины – изложение основ теории надежности и методов их практического применения для расчета и анализа надежности систем электроснабжения и установок.

Решение основных задач надежности систем электроснабжения и установок предусматривает достижение оптимального соотношения между затратами на передачу и распределение электрической энергии и технико – экономическими последствиями от недоотпуска электроэнергии потребителям. Это предполагает, прежде всего, достоверное прогнозирование, расчет и анализ показателей надежности систем электроснабжения и узлов электропотребления. Задача настоящего курса – на основе современных достижений науки и практики дать ответ на три главных вопроса:

- Что понимается под надежностью?
- Каким должно быть надежное электроснабжение?
- Как обеспечить надежность функционирования систем электроснабжения?

## ЛЕКЦИЯ № 1

### ВВЕДЕНИЕ

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НАДЁЖНОСТИ

### ПЛАН:

1. Электроэнергетические системы
2. Надёжность ЭЭС
3. Надёжность функционирования

Теория надёжности — наука, изучающая закономерности распределения [отказов](#) технических устройств и конструкций, причины и модели их возникновения.

Теория надёжности изучает методы обеспечения стабильности работы объектов (конструкций, изделий, устройств, систем и т. п.) в процессе [проектирования](#), [производства](#), [приёмки](#), [транспортировки](#), [эксплуатации](#) и [хранения](#).

Теория надёжности является комплексной научной дисциплиной, предмет которой включает изучение методов и приёмов, которых надлежит придерживаться в ходе [проектирования](#), [производства](#), [приёмки](#), [транспортировки](#), [эксплуатации](#) и [хранения](#) изделий и устройств для достижения максимальной эффективности и безопасности их использования, а также разработку методов, позволяющих рассчитывать количественные характеристики качества сложных технических систем на основе известных характеристик их составных частей. В частности, теория надёжности призвана устанавливать закономерности возникновения [отказов](#) устройств, прогнозировать появление отказов, находить способы повышения надёжности изделий при их проектировании, разрабатывать методы расчёта и проверки [надёжности](#) технических систем, изыскивать приёмы поддержания надёжности технических систем при их транспортировке, эксплуатации и хранении.

В рамках теории надёжности сформулировано немало положений, справедливых для любых технических устройств. На этих общих принципах базируются применяемые к различным системам и объектам методы и способы обеспечения надёжности, но реализация данных методов зачастую носит специфичный характер применительно к системам и объектам определённого назначения. В результате на практике выделяют общую теорию надёжности, в

которой изучают общие закономерности отказов и восстановлений технических систем и общие методы обеспечения надёжности, и частные разделы этой теории, которые ориентированы на отдельные классы устройств и их элементов и учитывают их специфику.

Значительная часть вопросов, рассматриваемых в теории надёжности, носит по своему существу математический характер и для своего решения требует как применения уже известных математических средств, так и разработки новых. В теории надёжности нашли широкое применение методы [теории вероятностей](#) и [математической статистики](#).

В рамках теории надёжности вводят количественные показатели надёжности технических систем, выявляют связи между ними и [экономической эффективностью](#) и [безопасностью](#), обосновывают требования к надёжности объектов с учётом влияния на происходящие в них процессы внешних и внутренних воздействий, разрабатывают методы синтеза элементов и технических систем с заданной надёжностью, методы испытания технических систем и их элементов на надёжность.

Основные понятия и определения теории надёжности технических устройств сформулированы в [ГОСТ 27.002—89 «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения»](#).

### **История возникновения и развития теории надёжности**

Первым Этапом становления теории надёжности можно считать 1950 г. – 1960 г.г. В 1950 г. военно-воздушные силы США организовали группу для изучения проблем надёжности радиоэлектронного оборудования. Группа установила, что основная причина выхода из строя радиоэлектронной аппаратуры заключалась в низкой надёжности ее элементов. Был собран богатый статистический материал, который и явился основой теории надёжности. Для математической обработки данного материала разрабатывались новые вероятностно-статистические математические подходы.

В 50-х годах XX-го века в СССР также были созданы первые группы надёжности в ВВА им. Н.Е. Жуковского и ЦНИИ 22 МО. В конце 50-х в НИИ МЭП была разработана первая отраслевая методика расчета надёжности. Тогда же появилось математическое определение термина "надежность":

Надёжность (reliability) есть вероятность того, что устройство выполняет свои функции в соответствии с предъявляемыми требованиями в течение заданного интервала времени.

Со временем появилось и другое определение: • Надёжность является интегральной функцией распределения вероятности безотказной работы от момента включения до первого отказа.

И наконец короткое определение, давшее начало следующему этапу разработки теории: "Надежность – это вероятность безотказной работы.

Этап классической теории надежности (1960 г. – 1970 г). В эти годы появляется космическая техника, требующая повышенной надежности. С целью обеспечения требуемой надежности исследуется надежность при разработке, производстве и эксплуатации изделий. Разрабатывается теория диагностики сложных систем. Появляются новые стандарты по надежности машин.

Этап системных методов надежности (с 1970 г.). На этом этапе были разработаны новые требования к надежности, заложившие основу современных систем и программ обеспечения надежности. Были разработаны типовые методы обеспечения надежности на всех стадиях жизненного цикла изделий: конструктивные (выбор материала, запас прочности и т.д.), технологические (ужесточение допусков, повышение чистоты поверхности и т.д.), эксплуатационные (стабилизация условий эксплуатации, совершенствование методов диагностики, ТО и ремонта и т.д.). В начале 60-х при Госстандарте создан НТС по проблемам надежности. В середине 60-х на предприятиях оборонного комплекса были созданы службы надежности. В 1969 году стал выходить журнал «Надежность и контроль качества». В середине 70-х в журнале Известия АН СССР «Техническая кибернетика» открыт раздел «Теория надежности». В конце 50-х, в начале 60-х годов в различных городах СССР зарождались научные школы надежности (Москва, Ленинград, Киев, Иркутск, Минск и др.). В 1985 был издан справочник «Надежность технических систем» под редакцией И.А. Ушакова с участием большого числа авторов не только из СССР, но и из США и других стран, обобщивший мировой опыт теоретических разработок и практических исследований надежности.

Электроэнергетика является основой развития промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства и служит базой для повышения технико-экономического потенциала страны. От надежной работы электроэнергетических систем (ЭЭС) зависит надежность электроснабжения потребителей, которая в конечном счете влияет на функционирование всего народного хозяйства страны.

Электроэнергетические системы являются динамическими системами сложного типа, состоящими из большого числа составляющих элементов (генераторы, трансформаторы, линии электропередачи, коммутационные аппараты и др.). При этом сложность системы определяется не только числом элементов, но главным образом наличием связей между ними. Для ЭЭС сложность определяется тем, что все ее элементы функционально связаны единством процесса производства, распределения и потребления электрической энергии.



Проблема оценки и выбора рациональной степени надежности систем электроснабжения является одной из наиболее важных проблем на современном уровне развития электроэнергетики. Этим и определяется повышенный интерес к проблеме надежности в последние годы как в нашей стране, так и за рубежом.

Вообще, под **надежностью** понимается свойство объекта (оборудования, установки, элемента или системы) выполнять заданные функции в заданном объеме в течение заданного времени при определенных условиях функционирования, сохраняя свои эксплуатационные показатели в пределах, оговоренных в нормативных документах.

Как известно, основной функцией систем электроснабжения является обеспечение всех потребителей электроэнергией в необходимом количестве и надлежащего качества. Следовательно, **надежность системы электроснабжения** есть свойство обеспечивать потребителей электроэнергией при отклонениях частоты и напряжения в определенных пределах, оговоренных ГОСТом и ПУЭ, и исключать ситуации, опасные для людей и окружающей среды.

Надежность ЭЭС и систем электроснабжения определяется надежностью ее отдельных элементов (генерирующих агрегатов, трансформаторов, линий электропередачи, коммутационных аппаратов, устройств защиты и автоматики и др.), надежностью схемы (степенью резервирования), надежностью режима (запасами статической и динамической устойчивости), а также живучестью системы, т.е. способностью выдерживать системные аварии цепочечного характера без катастрофических последствий, или, без перерывов электроснабжения потребителей, не подключенных к системе автоматической частотной разгрузки (АЧР).

Надежность функционирования ЭЭС определяется:

- 1) структурой генерирующих мощностей;
- 2) схемой и пропускной способностью основных электрических сетей;
- 3) схемами электрических станций;
- 4) надежностью и другими техническими характеристиками основного оборудования (в первую очередь маневренностью), используемого в ЭЭС;
- 5) совершенством системы управления, включая противоаварийную и режимную автоматику;
- 6) располагаемыми резервами в генерирующей, сетевой и управляющей частях ЭЭС;
- 7) обеспеченностью электростанций энергоресурсами;

- 8) уровнем эксплуатации и в том числе качеством ремонтов оборудования;
- 9) режимами электро- и теплотребления;
- 10) внешними воздействиями на ЭЭС и рядом других факторов.

Под **надежностью электроснабжения** понимается свойство электротехнической установки, участка электрической сети и энергосистемы в целом обеспечивать в нормальных (повседневных) условиях эксплуатации бесперебойное электроснабжение потребителей электрической энергией нормированного качества и в необходимом количестве.

Надежность электроснабжения определяется:

- 1) принятой схемой электроснабжения;
- 2) надежностью используемого в ней энергетического оборудования и технических устройств;
- 3) уровнем эксплуатации.

Надежность электроснабжения оценивается:

- 1) частотой и средней продолжительностью нарушений электроснабжения потребителей;
- 2) относительной величиной аварийного резерва, необходимого для обеспечения заданного уровня бездефицитной работы энергосистемы и ее отдельных узлов.

Оценка надежности электроснабжения должна производиться на стадиях разработки элементов, планирования развития электроэнергетических систем, проектирования отдельных систем и объектов, а также в процессе эксплуатации. Даже при хорошем качестве оборудования и высоком уровне эксплуатации отказы оборудования в работе неизбежны в силу ряда объективных причин случайного характера и, прежде всего, из-за того, что в условиях эксплуатации оборудование может подвергаться нерасчетным воздействиям, учет которых при его разработке потребовал бы введения неоправданно больших запасов.

Сформулируем три основные практические задачи анализа надежности электроснабжения:

- 1) оценка показателей надежности для существующих и создаваемых установок или оборудования;
- 2) обеспечение заданного уровня надежности оборудования и установок;
- 3) выбор технических решений и оптимизация уровня надежности систем электроснабжения.

Решение основных задач надежности электроснабжения предусматривает

достижение оптимального соотношения между затратами на производство, передачу и распределение электроэнергии и технико-экономическими последствиями от недоотпуска электроэнергии, для чего необходимо достоверное прогнозирование показателей надежности электрических систем и узлов электропотребления.

### **Надежность систем электроснабжения комплексное свойство**

Надежность системы электроснабжения – свойство комплексное, включающее в себя ряд свойств: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, устойчивоспособность, режимную управляемость, живучесть и безопасность.

**Безотказность** – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени.

**Работоспособность** элемента – состояние элемента, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными соответствующими требованиями технической документации.

**Долговечность** – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при необходимом обслуживании. **Предельное состояние** – такое состояние объекта, при котором невозможна (или нецелесообразна) его дальнейшая эксплуатация.

**Ремонтпригодность** – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению **отказов** и **неисправностей**, к поддержанию и восстановлению работоспособности путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

**Сохраняемость** – свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортировки.

**Устойчивоспособность** – свойство системы непрерывно сохранять устойчивость в течение некоторого интервала времени.

**Устойчивость** – способность системы переходить от одного устойчивого режима к другому при различных возмущениях.

**Режимная управляемость** – свойство системы обеспечивать включение, отключение и изменение режима работы элементов по заданному алгоритму, это приспособленность системы к управлению с целью поддержания нормального режима.

**Живучесть** – свойство системы противостоять крупным возмущениям

режима, не допуская каскадного (цепочечного) развития аварий и массового отключения потребителей, не предусмотренного алгоритмом работы противоаварийной автоматики.

**Безопасность** – свойство объекта не создавать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды во всех возможных режимах работы и аварийных ситуациях.

Исследование указанных свойств надежности ЭЭС в их единстве является желанной, но на данном этапе практически неразрешимой задачей. В данном курсе основное внимание уделено расчету показателей надежности систем электроснабжения, характеризующих свойство безотказности и ремонтпригодности.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое ударный ток?
2. При каком значении времени наступит максимальное значение  $i_{уд}$ ?
3.  $K_{уд}$  - ударный коэффициент чему равно?

## ЛЕКЦИЯ № 2

# ПОНЯТИЯ НЕРАБОТОСПОСОБНОСТИ, КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРАБОТОСПОСОБНОСТИ, ПОТОКИ НЕРАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СВОЙСТВ

### ПЛАН:

1. Нарушение работоспособности
2. Классификация отказов:
3. Перемежающийся отказ

### Работоспособность

Работоспособность - состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Неверно отождествлять работоспособность и исправность потому, что исправность - это состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям технической документации.

Вторым важнейшим элементом, входящим в понятие надежности, является время. Это - естественно, так как физическая сущность надежности состоит в том, что изделие должно сохранять свои технические характеристики во времени.

Сравним для примера две технические системы:

Очевидно, что система 1 более надежна, чем система 2, так как при одинаковых значениях времени  $t$  всегда справедливо соотношение:

$$P_1(t) > P_2(t).$$

Если же рассматривать произвольные промежутки времени для каждой системы, то можно прийти к ложному выводу (см. рисунок).

Третьим элементом в определении надежности являются условия эксплуатации. Для технических систем, работающих в разных условиях, время до появления первого отказа может оказаться различным.

В термин «надежность» интуитивно вкладывается широкий смысл, включающий большой диапазон качеств без конкретного выделения их свойств и количественной оценки. Однако при определении надежности какого-либо конкретного объекта или технической системы, возникает необходимость раскрыть те свойства и понятия, которые включает в себя комплексный показатель «надежность». Например, для оборудования электростанций к числу

таких понятий относятся - безотказность, ремонтпригодность, долговечность, в определенной степени зависящие от его качества, живучести и безопасности.

Устойчивый отказ нарушения работоспособности объекта может быть ликвидирован только посредством ремонта (для восстанавливаемого объекта). Сбой - самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременной потере работоспособности (не требуется ремонта аппаратуры). Перемежающийся отказ - многократно возникающий сбой одного и того же характера.

### **Отказ**

Отказ (повреждение) - это нарушение работоспособности объекта, т.е. система или элемент перестает выполнять целиком или частично свои функции. Приведенное определение отказа является качественным. Обычно возникает вопрос, что является критерием отказа?

Отказом называется событие, заключающееся в переходе объекта с одного уровня работоспособности или функционирования на другой, более низкий, или в полностью неработоспособное состояние. Понятие отказа в теории надежности является одним из основных.

По характеру исполнения и функционирования (в зависимости от ремонтпригодности) элементы (объекты) могут быть восстанавливаемые и невосстанавливаемые. Если при возникновении отказа работоспособность объекта может быть восстановлена путем проведения ремонтов и технического обслуживания, то такой объект является восстанавливаемым. Если же при отказе объект либо не подлежит, либо не поддается восстановлению, то он является невосстанавливаемым. Невосстанавливаемые объекты работают только до первого отказа.

Электроэнергетические объекты в целом следует считать восстанавливаемыми.

Отказы классифицируются по ряду признаков:

- 1) по степени нарушения работоспособности: полные и частичные;
- 2) по характеру процессов проявления: внезапные и постепенные;
- 3) по связи с другими отказами: зависимые и независимые;
- 4) по времени существования: устойчивые и неустойчивые (сбои).

Частичный отказ переводит объект в состояние частичной работоспособности; полный отказ приводит объект к неработоспособному состоянию (для восстановления функционирования объекта требуется ремонт).

Если отказ какого-либо элемента в системе не является причиной отказа других элементов, то такой отказ является независимым. Если при отказе элемента изменилась вероятность появления отказов других элементов, то такие отказы являются зависимыми.

Внезапные отказы проявляются в результате резкого изменения основных параметров системы или элемента. При постепенных отказах наблюдается плавное изменение параметров в результате старения или износа элементов.

У объектов, функционирующих не постоянно во времени, отказы могут быть следующих видов:

- отказ срабатывания, заключающийся в невыполнении объектом требуемого срабатывания;
- ложное срабатывание, заключающееся в срабатывании при отсутствии требования;
- излишнее срабатывание, заключающееся в срабатывании при требовании срабатывания других элементов.

Примерами таких объектов могут быть различные системы релейной защиты, противоаварийной автоматики, в определенной мере выключатели и т. п.

Причинами отказов оборудования являются повреждения и неисправности.

Повреждения в энергетике - это разрушение оборудования, поломка деталей, нарушение целостности электрических и магнитных цепей, порча изоляции.

Неисправности - это разрегулировка механизмов без разрушения и порчи объекта, ошибки при сборке и обслуживании, недосмотр персонала.

Отказы характеризуются случайностью момента их возникновения, поэтому их можно трактовать как случайные события. Следовательно, основным математическим аппаратом для изучения отказов является теория вероятностей и ее положения.

Отказы можно классифицировать по различным признакам.

1. По характеру устранения можно различать окончательные (устойчивые) и перемежающиеся (то возникающие, то исчезающие) отказы. Перемежающиеся отказы являются следствием обратимых случайных изменений режимов работы и параметров объекта. При возвращении режима работы в допустимые пределы объект сам, обычно без вмешательства человека, возвращается в работоспособное состояние. Например совершенно исправный триггер может перестать реагировать на управляющий сигнал из-за случайного резкого уменьшения напряжения питания. Когда напряжение питания опять станет равным номинальному значению, триггер будет продолжать исправно работать (конечно если в результате колебаний не произошел окончательный отказ).

Целесообразно различать два показателя надежности: для окончательных отказов и для перемежающихся отказов.

2. По связи с другими отказами можно различать отказы первичные, т.е. возникшие по любым причинам, кроме действия другого отказа. Например, из-за пробоя конденсатора может стореть сопротивление. При вычислении показателей надежности обычно учитываются лишь первичные отказы.

Отказы являются случайными событиями, которые могут быть независимыми или зависимыми. Отказы являются зависимыми, если при появлении одного из них изменяется вероятность появления второго отказа. Для независимых отказов вероятность появления одного из них не зависит от того, произошли другие отказы или нет. Таким образом, различие между вторичным и зависимым отказами состоит в том, что после появления отказа (первичного) вторичный отказ другого элемента наступает неизбежно, а для зависимого отказа лишь изменяется вероятность его появления.

3. По легкости обнаружения отказы могут быть очевидными (явными) или скрытыми (неявными).

4. Для каждого определенного типа объектов отказы можно различать по внешним проявлениям. Например, различные отказы конденсаторов можно разбить на две группы: типа обрыв и типа замыкание.

5. По характеру возникновения можно различать отказы внезапные, состоящие в резком практически мгновенном изменении характеристик объектов, и отказы постепенные, происходящие за счет медленного, постепенного ухудшения качества объектов. Внезапные отказы обычно проявляются в виде механических повреждений элементов (поломки трещины, обрывы, пробой изоляции и т.п.), из-за чего эти отказы называют грубыми. Для внезапных отказов отсутствуют видимые признаки их приближения, т.е. перед отказом обычно не удается обнаружить количественные изменения характеристик объекта.

Постепенные отказы (параметрические, плавные) связаны с износом деталей, старения материалов и разрегулированием устройств. Параметры объекта могут достигнуть критических значений, при которых его состояние считается неудовлетворительным, т.е. происходит отказ.

Внезапный отказ объекта также является следствием накопления необратимых изменений материалов. Иначе говоря, возникновение внезапного отказа также является следствием случайного процесса изменения какого-то параметра объекта, обычно связанный с его механическим повреждением.

Таким образом возникновению всякого отказа предшествует накопление тех или иных изменений внутри объекта.

Для объектов разного назначения и устройства применяются различные показатели надежности. Можно выделить четыре группы объектов, различающиеся показателями и методами оценки надежности:

- 1) неремонтируемые объекты, применяемые до первого отказа;
- 2) ремонтируемые объекты, восстановление которых в процессе применения невозможно (невосстанавливаемые объекты);
- 3) ремонтируемые восстанавливаемые в процессе применения объекты, для которых недопустимы перерывы в работе;



4) Ремонтируемые восстанавливаемые в процессе применения объекта, для которых допустимы кратковременные перерывы в работе.

Классификация объектов по показателям и методам оценки надежности приведена на рис 1.

Рис. 1. Группы объектов, различающиеся показателями надежности

### **Безотказность**

Безопасность - это свойство технического устройства, которое предполагает исключение возможности возникновения ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

При рассмотрении вопросов надежности функционирования сложных систем используется понятие - устойчивость в связи с отказами отдельных элементов системы.

В отдельных случаях может применяться понятие сохранности.

### **Наработка**

Средняя наработка на отказ (англ. Mean time before failure, MTBF) -- технический параметр, характеризующий надёжность восстанавливаемого прибора, устройства или технической системы.

Средняя продолжительность работы устройства между ремонтами, то есть показывает, какая наработка в среднем приходится на один отказ. Выражается обычно в часах.

Для программных продуктов обычно подразумевается срок до полного перезапуска программы или полной перезагрузки операционной системы.

Средняя наработка до отказа (англ. Mean time to failure, MTTF) -- эквивалентный параметр для неремонтопригодного устройства. Поскольку устройство неремонтируемое, то это просто среднее время, которое проработает устройство до того момента, как сломается.

Наработка -- продолжительность или объем работы объекта, измеряемая в часах, мото-часах, гектарах, километрах пробега, циклов включений и др.

Измеряется статистически, путём испытания множества приборов, или вычисляется методами теории надёжности.

$$T = 1/m * \sum U_i$$

где  $t_i$  -- наработка  $i$ -го объекта между отказами;  $m$  -- число отказов.

### **Предельное состояние**

работоспособность неработоспособность технический объект

Предельное состояние -- состояние конструкции (сооружения), при котором она перестаёт удовлетворять эксплуатационным требованиям, то есть либо теряет способность сопротивляться внешним воздействиям, либо получает недопустимую деформацию или местное повреждение. Дальнейшая эксплуатация такой конструкции недопустима или нецелесообразна.

Предельные состояния сооружений по степени возможных последствий подразделяют следующим образом:

- первая группа -- состояния, при которых происходит исчерпание несущей способности (прочность, устойчивость или выносливость) сооружений при соответствующих комбинациях нагрузок, которые могут также сопровождаться разрушениями любого вида (вязкое, усталостное, хрупкое), превращением системы в механизм, образованием трещин, цепи пластических шарниров и др.

- вторая группа -- состояния, при которых нарушается нормальная эксплуатация сооружений или исчерпывается ресурс их долговечности вследствие появления недопустимых деформаций, колебаний и иных нарушений, требующих временной приостановки эксплуатации сооружения и выполнения его ремонта.

Выделяют также следующие группы предельных состояний:

- аварийное предельное состояние, соответствующее разрушению сооружений при аварийных воздействиях и ситуациях с катастрофическими последствиями;

- устанавливаемые в нормах или заданиях на проектирование другие предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию строительных объектов.

Постоянными условиями для функционирования электроэнергетического оборудования и установок являются:

- 1) поддержание нормального состояния контактов, обмоток и токоведущих частей (без перегрева и коррозии);
- 2) сохранение изоляции на допустимом уровне;
- 3) поддержание допустимого напряжения;
- 4) поддержание заданных параметров режима работы оборудования и т.д.

**Отказ** (повреждение) – это нарушение работоспособности объекта, т.е. система или элемент перестает выполнять целиком или частично свои функции. Приведенное определение отказа является качественным. Обычно возникает вопрос, что является критерием отказа?

**Нарушением работоспособного состояния** называется выход хотя бы одного заданного параметра за установленный допуск. Так, например, поставляемая системой электроснабжения потребителю энергия характеризуется рядом параметров, в том числе напряжением  $U$  и частотой  $f$ . По условию работы потребителей допускается определенное отклонение параметров от их номинальных значений ( $U_{ном}$ ,  $f_{ном}$ ). Выход параметров за пределы заданных отклонений ( $\Delta U_{доп}$ ,  $\Delta f_{доп}$ ) и означает наступление отказа системы

электроснабжения (рис. 2.1).

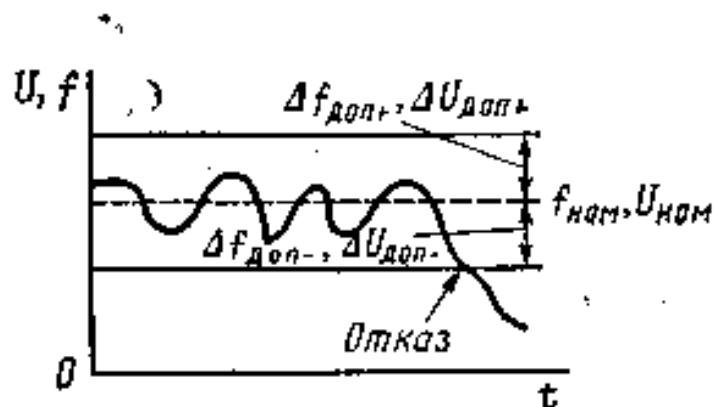


Рис.2.1.

По характеру исполнения и функционирования (в зависимости от ремонтпригодности) элементы (объекты) могут быть восстанавливаемые и невосстанавливаемые. Если при возникновении отказа работоспособность объекта может быть восстановлена путем проведения ремонтов и технического обслуживания, то такой объект является восстанавливаемым. Если же при отказе объект либо не подлежит, либо не поддается восстановлению, то он является невосстанавливаемым. Невосстанавливаемые объекты работают только до первого отказа.

Электроэнергетические объекты в целом следует считать восстанавливаемыми.

Классификация отказов:

- 1) по степени нарушения работоспособности: полные и частичные;
- 2) по характеру процессов проявления: внезапные и постепенные;
- 3) по связи с другими отказами: зависимые и независимые;
- 4) по времени существования: устойчивые и неустойчивые (сбои).

Частичный отказ переводит объект в состояние частичной работоспособности; полный отказ приводит объект к неработоспособному состоянию (для восстановления функционирования объекта требуется ремонт).

Если отказ какого-либо элемента в системе не является причиной отказа других элементов, то такой отказ является независимым. Если при отказе элемента изменилась вероятность появления отказов других элементов, то такие

отказы являются зависимыми.

**Внезапные** отказы проявляются в результате резкого изменения основных параметров системы или элемента. При постепенных отказах наблюдается плавное изменение параметров в результате старения или износа элементов.

**Устойчивый** отказ нарушения работоспособности объекта может быть ликвидирован только посредством ремонта (для восстанавливаемого объекта). Сбой – самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременной потере работоспособности (не требуется ремонта аппаратуры).

**Перебегающий отказ** – многократно возникающий сбой одного и того же характера.

У объектов, функционирующих не постоянно во времени, отказы могут быть следующих видов:

- отказ срабатывания, заключающийся в невыполнении объектом требуемого срабатывания;
- ложное срабатывание, заключающееся в срабатывании при отсутствии требования;
- излишнее срабатывание, заключающееся в срабатывании при требовании срабатывания других элементов.

Примерами таких объектов могут быть различные системы релейной защиты, противоаварийной автоматики, в определенной мере выключатели и т. п.

Причинами отказов оборудования являются повреждения и неисправности.

**Повреждения** в энергетике – это разрушение оборудования, поломка деталей, нарушение целостности электрических и магнитных цепей, порча изоляции.

**Неисправности** – это разрегулировка механизмов без разрушения и порчи объекта, ошибки при сборке и обслуживании, недосмотр персонала.

Отказы характеризуются случайностью момента их возникновения, поэтому их можно трактовать как случайные события. Следовательно, основным математическим аппаратом для изучения отказов является теория вероятностей и ее положения.

Функционирование восстанавливаемого объекта за длительный период времени может быть представлено графически поток отказов и восстановлений или бесконечно коротких импульсов – при нулевом времени восстановления (рис. 2.2,а), либо прямоугольных импульсов – при конечном времени восстановления (рис. 2.2,б). Поток событий – последовательность событий, происходящих одно за другим в какие-то моменты времени (имеется в виду поток однородных событий,

различающихся только моментом их появления).

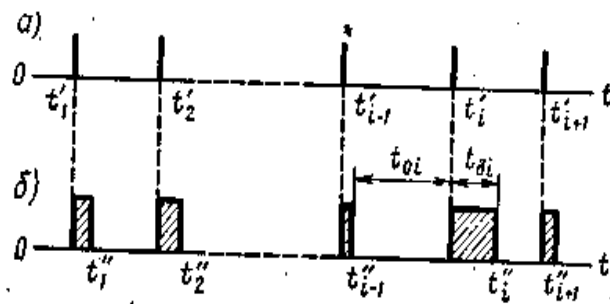


Рис. 2.2.

Строго говоря, реальные потоки отказов элементов электрических систем нестационарны, так как интенсивность отказов  $\lambda$  зависит от времени эксплуатации  $t$ . График зависимости  $\lambda$  от  $t$  называется характеристикой жизни объекта (рис. 2.3).

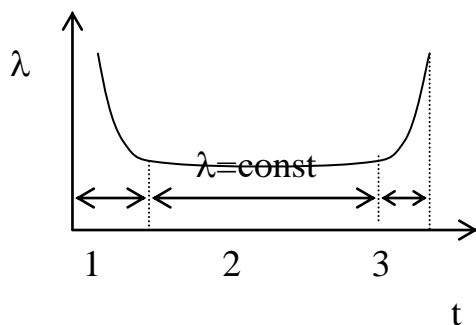


Рис. 2.3.

Здесь:

- 1 - период приработки – период выявления скрытых дефектов монтажа и изготовления (повышенная аварийность, «выжигание» дефектов (1 – 3 года));
- 2 - период нормальной работы; характеризуется примерно постоянной интенсивностью отказов. Отказы в основном носят внезапный характер и обусловлены случайными причинами;
- 3 - период износа и старения характеризуется повышением интенсивности отказов вследствие необратимых физико-химических

процессов в изоляции, разрегулировкой механических частей, коррозией металлических частей элементов и др.

Кроме того, воздушные ЛЭП и связанные с ними коммутационные аппараты имеют также сезонную неравномерность отказов (грозы, сильные ветра, гололед).

При оценке надежности систем электроснабжения и электрических систем обычно выделяют интервалы стационарности и моделируют поток отказов простейшим стационарным потоком. При этом значительно упрощается математическое описание и процесс вычислений.

Простейший стационарный поток обладает следующими основными свойствами: стационарностью, ординарностью и отсутствием последствия.

**Свойство стационарности** выражается в постоянстве интенсивности отказов (не зависит от времени); для стационарного потока событий вероятностный режим не изменяется во времени, т.е. среднее число событий в единицу времени постоянно.

**Ординарность** заключается в очень малой вероятности совпадения отказов, которой можно пренебречь. Поток событий является ординарным, если вероятность совмещения двух и более отказов элемента в один и тот же момент времени настолько мала, что является событием невозможным.

**Отсутствие последствия** означает, что события возникают независимо друг от друга, и заключается в том, что число отказов в один период времени не зависит от числа отказов в предыдущие периоды.

Ординарные потоки без последствия называются пуассоновскими. Стационарный пуассоновский поток является простейшим.

### **Контрольные вопросы**

1. С каким параметром выбреется реактор?
2. Для чего служить реактор?
3. Какие виды реактора знаете?

## ЛЕКЦИИ № 3

# ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СТАТИСТИКИ И ПРИМЕНЕНИИ ИХ В РАСЧЕТАХ НАДЁЖНОСТИ. ЯВЛЕНИЙ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЗАКОНЫ ВЕРОЯТНОСТИ СЛОЖНЫХ ЯВЛЕНИЙ

### ПЛАН:

1. Основные понятия теории вероятностей
2. Основы теории множеств
3. Алгебра событий.

Возникновение теории вероятностей как науки относят к средним векам и первым попыткам математического анализа азартных игр (орлянка, кости, рулетка). Первоначально её основные понятия не имели строго математического вида, к ним можно было относиться как к некоторым эмпирическим фактам, как к свойствам реальных событий, и они формулировались в наглядных представлениях. Самые ранние работы учёных в области теории вероятностей относятся к XVII веку. Исследуя прогнозирование выигрыша в азартных играх, Блез Паскаль и Пьер Ферма открыли первые вероятностные закономерности, возникающие при бросании костей<sup>[1]</sup>. Под влиянием поднятых и рассматриваемых ими вопросов решением тех же задач занимался и Христиан Гюйгенс. При этом с перепиской Паскаля и Ферма он знаком не был, поэтому методику решения изобрёл самостоятельно. Его работа, в которой вводятся основные понятия теории вероятностей (понятие вероятности как величины шанса; математическое ожидание для дискретных случаев, в виде цены шанса), а также используются теоремы сложения и умножения вероятностей (не сформулированные явно), вышла в печатном виде на двадцать лет раньше (1657 год) издания писем Паскаля и Ферма (1679 год)<sup>[2]</sup>.

Важный вклад в теорию вероятностей внёс Якоб Бернулли: он дал доказательство закона больших чисел в простейшем случае независимых испытаний.

В XVIII веке важное значение для развития теории вероятностей имели работы Томаса Байеса, сформулировавшего и доказавшего Теорему Байеса.

В первой половине XIX века теория вероятностей начинает применяться к анализу ошибок наблюдений; Лаплас и Пуассон доказали первые предельные теоремы. Карл Гаусс детально исследовал нормальное распределение случайной величины (см. график выше), также называемое «распределением Гаусса».

Во второй половине XIX века значительный вклад внес ряд европейских и русских учёных: П. Л. Чебышёв, А. А. Марков и А. М. Ляпунов. В это время были доказаны закон больших чисел, центральная предельная теорема, а также разработана теория цепей Маркова.

Современный вид теория вероятностей получила благодаря аксиоматизации, предложенной Андреем Николаевичем Колмогоровым. В результате теория вероятностей приобрела строгий математический вид и окончательно стала восприниматься как один из разделов математики.

### **Основы теории множеств.**

**Теория вероятностей** - математическая наука, изучающая закономерности в случайных явлениях. Одним из основных понятий является понятие случайного события (в дальнейшем просто событие).

**Событием** называется всякий факт (исход), который в результате опыта (испытания, эксперимента) может произойти или не произойти. Каждому из таких событий можно поставить в соответствие определенное число, называемое его **вероятностью** и являющееся мерой возможного совершения этого события.

Современное построение теории вероятностей основывается на аксиоматическом подходе и опирается на элементарные понятия теории множеств.

**Множество** – это любая совокупность объектов произвольной природы, каждый из которых называется элементом множества. Множества обозначаются по-разному: или одной большой буквой или перечислением его элементов, данным в фигурных скобках, или указанием (в тех же фигурных скобках) правила, по которому элемент относится к множеству. Например, конечное множество  $M$  натуральных чисел от 1 до 100 может быть записано в виде

$$M = \{1, 2, \dots, 100\} = \{i - \text{целое}; 1 \leq i \leq 100\}.$$

Предположим, что производится некоторый опыт (эксперимент, испытание), результат которого заранее неизвестен, случаен. Тогда множество  $\Omega$  всех возможных исходов опыта представляет пространство элементарных событий, а каждый его элемент  $\alpha \in \Omega$  (один отдельный исход опыта) является элементарным событием. Любой набор элементарных событий (любое их сочетание) считается **подмножеством** (частью) множества  $\Omega$  и является случайным событием, т. е. любое событие  $A$  – это подмножество множества  $\Omega$ :  $A \subset \Omega$ . Например, пространство элементарных событий при бросании игральной кости составляет шесть возможных исходов  $\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ . С учетом *пустого* множества  $\emptyset$ , которое вообще не содержит элементов, в пространстве  $\Omega$  может быть выделено в общей сложности  $2^6 = 64$  подмножества:



$\emptyset; \{1\}; \dots; \{6\}; \{1, 2\}; \dots; \{5, 6\}; \{1, 2, 3\}; \dots; \Omega.$

В общем случае, если множество  $\Omega$  содержит  $n$  элементов, то в нем можно выделить  $2^n$  подмножеств (событий).

Рассматривая событие  $\Omega$  (ведь каждое множество есть свое собственное подмножество), можно отметить, что оно является **достоверным событием**, т. е. осуществляется при любом опыте. Пустое множество  $\emptyset$  как событие является **невозможным**, т. е. при любом опыте заведомо не может произойти. Для предыдущего примера: достоверное событие  $\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} = \{\text{выпадение одного из шести очков}\}$ ; невозможное событие  $\emptyset = \{7\} = \{\text{выпадение 7 очков при одном бросании игральной кости}\}$ .

**Совместные (несовместные) события** – такие события, появление одного из которых не исключает (исключает) возможности появления другого.

**Зависимые (независимые) события** – такие события, появление одного из которых влияет (не влияет) на появление другого события.

**Противоположное событие** относительно некоторого выбранного события  $A$  – событие, состоящее в не появлении этого выбранного события (обозначается  $\bar{A}$ ).

Полная группа событий – такая совокупность событий, при которой в результате опыта должно произойти хотя бы одно из событий этой совокупности. Очевидно, что события  $A$  и  $\bar{A}$  составляют полную группу событий.

Одна из причин применения теории множеств в теории вероятностей заключается в том, что для множеств определены важные преобразования, которые имеют простое геометрическое представление и облегчающее понимание смысла этих преобразований. Оно носит название диаграммы Эйлера-Венна, и на ней пространство  $\Omega$  изображается в виде прямоугольника, а различные множества – в виде плоских фигур, ограниченных замкнутыми линиями. Пример диаграммы, иллюстрирующей включение множеств  $C \subset B \subset A$ , приведен на рис. 1.

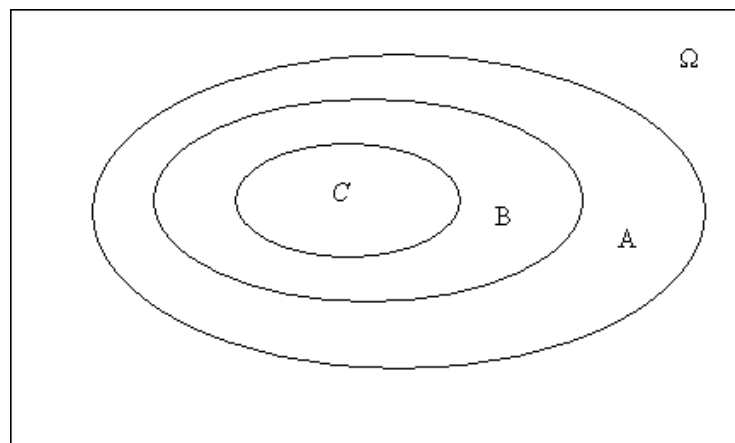


Рис. 3.1

Видно, что  $B$  является подмножеством  $A$ , а  $C$  – подмножеством  $B$  (и одновременно подмножеством  $A$ ).

## 1. 2. Алгебра событий.

В прикладных задачах основными являются не прямые, а косвенные методы вычисления вероятностей интересующих нас событий через вероятности других, с ними связанных. Для этого нужно уметь выражать интересующие нас события через другие, т. е. использовать алгебру событий.

Отметим, что все вводимые ниже понятия справедливы тогда, когда события о которых идет речь, представляют собой подмножества одного и того же пространства элементарных событий  $\Omega$ .

**Сумма** или **объединение событий**  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – такое событие  $A$ , появление которого в опыте эквивалентно появлению в том же опыте хотя бы одного из событий  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . Сумма обозначается:

$$A = A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_n = \bigcup_{i=1}^n A_i, \quad (3.1)$$

где  $\vee$ - знак логического сложения событий,  $\bigcup$ - знак логической суммы событий.

**Произведение** или **пересечение событий**  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – такое событие  $A$ , появление которого в опыте эквивалентно появлению в том же опыте всех событий  $A_1, A_2, \dots, A_n$  одновременно. Произведение обозначается

$$A = A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n = \bigcap_{i=1}^n A_i, \quad (3.2)$$

где  $\wedge$  - знак логического умножения событий,  $\bigcap$  - знак логического произведения событий.

Операции сложения и умножения событий обладают рядом свойств, присущих обычным сложению и умножению, а именно: переместительным, сочетательным и распределительным свойствами, которые очевидны и не нуждаются в пояснении.

Диаграммы Эйлера-Венна для суммы (а) и произведения (б) двух событий  $A_1$  и  $A_2$  приведены на рис. 2.

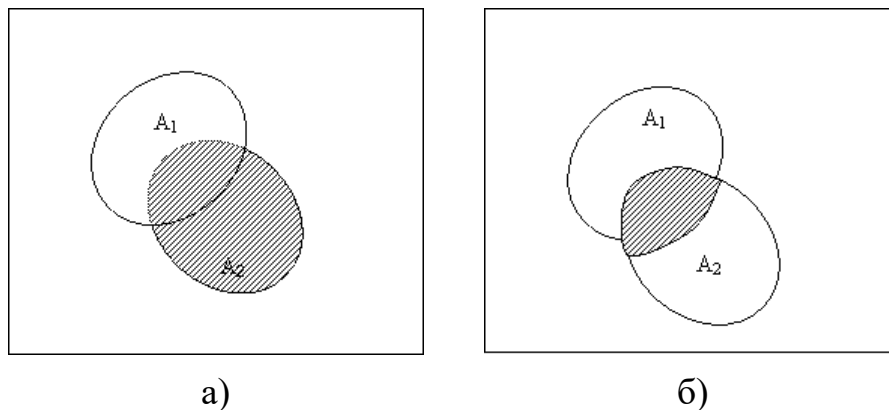


Рис. 3.2

Суммой (объединением) событий  $A_1$  и  $A_2$  является событие, состоящее в появлении хотя бы одного из этих событий (заштрихованная область на рис. 2, а). Произведение событий  $A_1$  и  $A_2$  это событие, состоящее в совместном выполнении обоих событий (заштрихованное пересечение событий  $A_1$  и  $A_2$  – рис. 2, б).

Из определения суммы и произведения событий следует, что

$$A = A \vee A; A = A \vee \emptyset; \Omega = A \vee \bar{A};$$

$$A = A \wedge A; \emptyset = A \wedge \bar{A}; A = A \wedge \Omega.$$

Если события  $A_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) или  $\{A_i\}_{i=1}^n$  составляют полную группу событий, то их сумма есть достоверное событие

$$\bigcup_{i=1}^n A_i = \Omega \quad (3.3)$$

Изображение противоположного события  $\bar{A}$  приведено на рис. 3.3. Область  $\bar{A}$  дополняет  $A$  до полного пространства  $\Omega$ . Из определения противоположного события следует, что

$$(\bar{\bar{A}}) = A; \bar{\Omega} = \emptyset; \bar{\emptyset} = \Omega. \quad (3.4)$$

Другие свойства противоположных событий отражены в законах де Моргана:

$$\overline{A_1 \vee A_2} = \overline{A_1} \wedge \overline{A_2}; \quad \overline{A_1 \wedge A_2} = \overline{A_1} \vee \overline{A_2}, \quad (3.5)$$

поясняемых рис. 3.4.

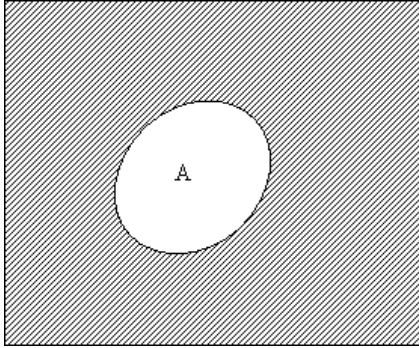


Рис. 3.3

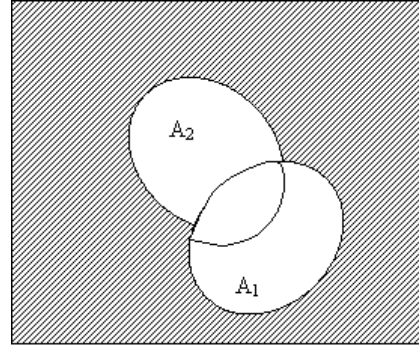


Рис. 3.4

### 2. 3. Аксиомы теории вероятностей

Сопоставим каждому событию  $A$  число, называемое, как и прежде, его вероятностью и обозначаемое  $P(A)$  или  $P\{A\}$ . Вероятность выбирают так, чтобы она удовлетворяла следующим условиям или аксиомам:

$$P(\Omega) = 1; P(\emptyset) = 0. \quad (3.6)$$

$$P(\emptyset) \leq P(A) \leq P(\Omega). \quad (3.7)$$

Если  $A_i$  и  $A_j$  несовместные события, т. е.  $A_i \wedge A_j = \emptyset$ , то

$$P(A_i \vee A_j) = P(A_i) + P(A_j). \quad (3.8)$$

Приведенные аксиомы постулируются, и попытка доказать их лишена смысла. Единственным критерием справедливости является степень, с которой теория, построенная на их основе, отражает реальный мир.

Аксиому (3.8) можно обобщить на любое конечное число несовместных событий  $\{A_i\}_{i=1}^n$ :

$$P\left\{\bigcup_{i=1}^n A_i\right\} = \sum_{i=1}^n P(A_i) \quad (3.9)$$

С помощью аксиом можно вычислить вероятности любых событий (подмножеств пространства  $\Omega$ ) с помощью вероятностей элементарных событий. Вопрос о том, как определить вероятности элементарных событий, является риторическим. На практике они определяются либо из соображений, связанных с возможными исходами опыта (например, в случае бросания монеты естественно считать вероятности выпадения орла или решки одинаковыми), или на основе опытных данных (частот).

Последний подход широко распространен в прикладных инженерных задачах, поскольку позволяет косвенно соотнести результаты анализа с физической реальностью.

Предположим, что в опыте пространство  $\Omega$  можно представить в виде полной группы несовместных и равновозможных событий  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . Согласно (3.3) их сумма представляет достоверное событие:

$$\bigcup_{i=1}^n A_i = \Omega.,$$

так как события  $A_1, A_2, \dots, A_n$  несовместны, то согласно аксиомам (3.6) и (3.9):

$$P\left\{\bigcup_{i=1}^n A_i\right\} = \sum_{i=1}^n P(A_i) = P(\Omega) = 1. \quad (3.10)$$

Поскольку события  $A_1, A_2, \dots, A_n$  равновозможны, то вероятность каждого из них одинакова и равна

$$P(A_1) = P(A_2) = \dots = P(A_n) = \frac{1}{n}.$$

Отсюда непосредственно получается **частотное определение вероятности** любого события  $A$ :

$$P(A) = \frac{m_A}{n}, \quad (3.11)$$

как отношение числа случаев ( $m_A$ ), благоприятных появлению события  $A$ , к общему числу случаев (возможному числу исходов опыта)  $n$ .

Совершенно очевидно, что частотная оценка вероятности есть не что иное как следствие аксиомы сложения вероятностей. Представив, что число  $n$

неограниченно возрастает, можно наблюдать явление, называемое статистическим упорядочением, когда частота события  $A$  все меньше изменяется и приближается к какому-то постоянному значению, которое и представляет вероятность события  $A$ .

## 2. 4. Основные законы и правила теории вероятностей

Вероятности сложных событий можно вычислять с помощью вероятностей более простых, пользуясь основными правилами (теоремами): сложения и умножения вероятностей.

### II.2.4.1. Теорема сложения вероятностей.

Если  $A_1, A_2, \dots, A_n$  - несовместные события и  $A$  – сумма этих событий, то вероятность события  $A$  равна сумме вероятностей событий  $A_1, A_2, \dots, A_n$ :

$$P(A) = P \left\{ \bigcup_{i=1}^n A_i \right\} = \sum_{i=1}^n P(A_i). \quad (3.12)$$

Эта теорема непосредственно следует из аксиомы сложения вероятностей (3.8).

В частности, поскольку два противоположных события  $A$  и  $\bar{A}$  несовместны и образуют полную группу, то сумма их вероятностей

$$P(A) + P(\bar{A}) = 1 \quad (3.13)$$

Чтобы сформулировать в общем случае теорему умножения вероятностей, введем понятие условной вероятности.

*Условная вероятность* события  $A_1$  при наступлении события  $A_2$  – вероятность события  $A_1$ , вычисленная в предположении, что событие  $A_2$  произошло:

$$P(A_1 | A_2) = P(A_1 \cdot A_2) / P(A_2). \quad (3.14)$$

### II.2.4.2. Теорема умножения вероятностей.

Вероятность произведения (совместного появления) двух событий  $A_1$  и  $A_2$  равна вероятности одного из них, умноженной на условную вероятность другого, в предположении, что первое событие произошло:

$$P(A_1 \wedge A_2) = P(A_1) \cdot P(A_2 | A_1) = P(A_2) \cdot P(A_1 | A_2). \quad (3.15)$$

Для любого конечного числа событий теорема умножения имеет вид

$$P\left\{\bigcap_{i=1}^n A_i\right\} = P(A_1 | A_2 \dots A_n) \cdot P(A_2 | A_3 \dots A_n) \cdot \dots \cdot P(A_{n-1} | A_n) \cdot P(A_n). \quad (3.16)$$

В случае, если события  $A_1$  и  $A_2$  независимы, то соответствующие условные вероятности

$$P(A_1 | A_2) = P(A_1); \quad P(A_2 | A_1) = P(A_2),$$

поэтому теорема умножения вероятностей принимает вид

$$P(A_1 \wedge A_2) = P(A_1) \cdot P(A_2), \quad (3.17)$$

а для конечного числа  $n$  независимых событий

$$P\left\{\bigcap_{i=1}^n A_i\right\} = \prod_{i=1}^n P\{A_i\}. \quad (3.18)$$

Следствием правил сложения и умножения вероятностей является **теорема о повторении опытов (схема Бернулли)**: *опыты считаются независимыми, если вероятность того или иного исхода каждого из них не зависит от того, какие исходы имели другие опыты.*

Пусть в некотором опыте вероятность события  $A$  равна  $P(A) = p$ , а вероятность того, что оно не произойдет  $P(\bar{A}) = q$ , причем, согласно (3.13)

$$P(A) + P(\bar{A}) = p + q = 1$$

Если проводится  $n$  независимых опытов, в каждом из которых событие  $A$  появляется с вероятностью  $p$ , то вероятность того, что в данной серии опытов событие  $A$  появляется ровно  $m$  раз, определяется по выражению

$$P_n(m) = \{\text{событие } A \text{ произошло } m \text{ раз}\} = C_n^m p^m q^{n-m}, \quad (3.19)$$

где  $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$  - биномиальный коэффициент.

Например, вероятность однократной ошибки при чтении 32-разрядного слова в формате ЭВМ, представляющего комбинацию 0 и 1, при вероятности ошибки чтения двоичного числа  $p = 10^{-3}$ , составляет по (19)

$$P_{32}(0) = 1 \cdot (10^{-3})^0 \cdot (0,999)^{32} \approx 0,969.$$

где  $q = 1 - p = 0,999$ ;  $n = 32$ ;  $m = 1$ .

Вероятность отсутствия ошибки чтения при  $m = 0$ ,  $C_{32}^0 = 1$

$$P_{32}(0) = 1 \cdot (10^{-3})^0 \cdot (0,999)^{32} \approx 0,969.$$

Часто возникают задачи определения вероятностей того, что некоторое событие  $A$  произойдет по меньшей мере  $m$  раз или не более  $m$  раз. Подобные вероятности определяются сложением вероятностей всех исходов, которые составляют рассматриваемое событие.

Расчетные выражения для такого типа ситуаций имеют вид:

$$P\{\text{Событие } A \text{ произойдет в } n \text{ опытах менее } m \text{ раз}\} = \sum_{i=0}^{m-1} P_n(i);$$

$$P\{\text{Событие } A \text{ произойдет в } n \text{ опытах более } m \text{ раз}\} = \sum_{i=m+1}^n P_n(i);$$

$$P\{\text{Событие } A \text{ произойдет в } n \text{ опытах не более } m \text{ раз}\} = \sum_{i=0}^m P_n(i);$$

$$P\{\text{Событие } A \text{ произойдет в } n \text{ опытах не менее } m \text{ раз}\} = \sum_{i=m}^n P_n(i);$$

где  $P_n(i)$  определяется по (3.19).

При больших  $m$  вычисление биномиальных коэффициентов  $C_n^m$  и возведение в большие степени  $p$  и  $q$  связано со значительными трудностями, поэтому целесообразно применять упрощенные способы расчетов. Приближение, называемое *теоремой Муавра-Лапласа*, используется, если  $npq \gg 1$ , а  $|m - np| < (npq)^{0.5}$ , в таком случае выражение (3.19) записывается:

$$P_n(m) = C_n^m p^m q^{n-m} \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi npq}} \exp\left(-\frac{(m - np)^2}{2npq}\right). \quad (3.20)$$



## 2. 5. Формула полной вероятности и формула Байеса (формула вероятностей гипотез)

В практике решения большого числа задач формула полной вероятности (ФПВ) и формула Байеса, являющиеся следствием основных теорем, находят широкое применение.

### II.2.5.1. Формула полной вероятности.

Если по результатам опыта можно сделать  $n$  исключаяющих друг друга предположений (гипотез)  $H_1, H_2, \dots, H_n$ , представляющих полную группу несовместных событий (для которой  $\sum_{i=1}^n P(H_i) = 1$ ), то вероятность события  $A$ , которое может появиться только с одной из этих гипотез, определяется:

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A | H_i), \quad (3.21)$$

где  $P(H_i)$  – вероятность гипотезы  $H_i$ ;

$P(A | H_i)$  – условная вероятность события  $A$  при гипотезе  $H_i$ .

Поскольку событие  $A$  может появиться с одной из гипотез  $H_1, H_2, \dots, H_n$ , то  $A = A \cap H_1 \vee A \cap H_2 \vee \dots \vee A \cap H_n$ , но  $H_1, H_2, \dots, H_n$  несовместны, поэтому

$$P(A) = P(A \cap H_1) + \dots + P(A \cap H_n) = \sum_{i=1}^n P(A \cap H_i).$$

В виду зависимости события  $A$  от появления события (гипотезы)  $H_i$

$P(A \cap H_i) = P(H_i) \cdot P(A | H_i)$ , откуда и следует выражение (3.21).

### 2.5.2. Формула Байеса (формула вероятностей гипотез).

Если до опыта вероятности гипотез  $H_1, H_2, \dots, H_n$  были равны  $P(H_1), P(H_2), \dots, P(H_n)$ , а в результате опыта произошло событие  $A$ , то новые (условные) вероятности гипотез вычисляются:

$$P(H_i | A) = \frac{P(H_i) \cdot P(A | H_i)}{\sum_{j=1}^n P(H_j) \cdot P(A | H_j)} = \frac{P(H_i) \cdot P(A | H_i)}{P(A)}. \quad (3.22)$$

Доопытные (первоначальные) вероятности гипотез  $P(H_1), P(H_2), \dots, P(H_n)$  называются **априорными**, а послеопытные -  $P(H_1 | A), \dots, P(H_n | A)$  – **апостериорными**.

Формула Байеса позволяет «пересмотреть» возможности гипотез с учетом полученного результата опыта.

Доказательство формулы Байеса следует из предшествующего материала. Поскольку  $P(H_i \wedge A) = P(H_i) \cdot P(A | H_i) = P(H_i) \cdot P(H_i | A)$ :

$$P(H_i | A) = \frac{P(H_i \wedge A)}{P(A)} = \frac{P(H_i) \cdot P(A | H_i)}{P(A)},$$

откуда, с учетом (3.21), получается выражение (3.22).

Если после опыта, давшего событие  $A$ , проводится еще один опыт, в результате которого может произойти или нет событие  $A_1$ , то условная вероятность этого последнего события вычисляется по (21), в которую входят не прежние вероятности гипотез  $P(H_i)$ , а новые -  $P(H_i | A)$ :

$$P(A_1 | A) = \sum_{i=1}^n P(H_i | A) \cdot P(A_1 | H_i A). \quad (3.23)$$

Выражение (3.23) называют формулой для *вероятностей будущих событий*.

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Как устроен однофазный трансформатор и какой принцип его действия?
2. Что такое коэффициент трансформации трансформатора и как его определить?
3. Какие потери возникают в трансформаторе при его работе?
4. Как выполняется короткого и замыкания трансформатора и какие величины при этом определяются?
5. Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора?

## ЛЕКЦИЯ № 4

# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЙ

### ПЛАН:

1. Показатели надежности
2. Комплексные показатели
3. Коэффициент аварии

**Понятие надежности.** Один из основных параметров РЭА - надежность - зависит как от надежности используемой элементной базы, так и от принятых схемотехнических и конструкторских решений. Учитывая значимость современной аппаратуры в человеческой деятельности, требования к надежности аппаратуры постоянно повышаются. Это связано с тем, что от правильной работы РЭА зависят ход выполнения технологического процесса, достоверность получения результатов измерений и обработки данных, и т.п. Вопросам повышения надежности РЭА на всех этапах ее проектирования и производства уделяется самое большое внимание. надежность технический устройство работоспособность отказ

Под надежностью понимают свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки при соблюдении режимов эксплуатации, правил технического обслуживания, хранения и транспортировки. Продолжительность работы РЭА до предельного состояния, установленного в нормативно-технической документации, называют ресурсом изделия.

Надежность - это сложное комплексное понятие, с помощью которого оценивают такие важнейшие характеристики изделий, как работоспособность, долговечность, безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость и др.

В любой момент времени РЭА может находиться в исправном или неисправном состоянии. Если РЭА в данный момент времени удовлетворяет всем требованиям, установленным как в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение вычислительных процессов (точность, быстродействие и др.), так и в отношении второстепенных параметров, характеризующих внешний вид и удобство эксплуатации, то такое состояние называют исправным состоянием.

Неисправное состояние - это состояние РЭА, при котором она в данный момент времени не удовлетворяет хотя бы одному из этих требований, установленных в отношении как основных, так и второстепенных параметров.

Не каждая неисправность приводит к невыполнению РЭА заданных функций. Различают неисправности основные и второстепенные. Второстепенные неисправности называют дефектами. Например, образование вмятин или ржавчины на корпусе аппаратуры, выход из строя лампочек подсветки не могут препятствовать эксплуатации РЭА.

**Основные эксплуатационные свойства** изделий с позиций обеспечения надежной работы: безотказность, ремонтоспособность, долговечность и сохраняемость.

*Наработка* - продолжительность (или объем) работы изделия, измеряемая временем, циклами, периодами и т. п. В процессе эксплуатации или испытания изделия в зависимости от его назначения различают суточную или месячную наработку, наработку на отказ, среднюю наработку до первого отказа, гарантийную наработку и т. п. Суточная и месячная наработки оцениваются временем (циклами, периодами), которое изделие проработало в течение суток или месяца.

*Наработка на отказ* - среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами. Если наработка выражена в единицах времени, то используют термин среднее время безотказной работы. Под средней наработкой до первого отказа понимают среднее значение наработки изделий в партии до первого отказа. Для неремонтируемых изделий этот термин равнозначен понятию средней наработки до отказа.

*Гарантийная наработка* представляет собой наработку изделия, до завершения которой изготовитель гарантирует и обеспечивает выполнение определенных требований к изделию, при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортировки. Срок гарантии устанавливается в технической документации или договорах между изготовителем и заказчиком.

*Безотказностью* называют свойство изделия сохранять свою работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов. Безотказность измеряется в единицах наработки.

*Ремонтоспособность* - свойство РЭА, заключающееся в приспособлении к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

*Долговечность* - свойство РЭА сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние определяется технической непригодностью РЭА

из-за снижения эффективности эксплуатации или требований техники безопасности и оговаривается в технической документации.

*Сохраняемость* - свойство изделия сохранять эксплуатационные показатели в течение заданного срока хранения и после него.

*Интенсивность отказов* - зависимость интенсивности отказов от времени (кривая жизни изделия).

Различают три вида отказов:

- обусловленные скрытыми ошибками в конструкторско-технологической документации и производственными дефектами при изготовлении изделий;
- обусловленные старением и износом радио- и конструкционных элементов;
- обусловленные случайными факторами различной природы.

Для оценки надежности систем введены понятия «работоспособность» и «отказ».

**Работоспособность и отказы.** Работоспособность - это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации. *Отказ*- событие, приводящее к полной или частичной утрате работоспособности изделия. По характеру изменения параметров аппаратуры *отказы* подразделяют на внезапные и постепенные.

*Внезапные* (катастрофические) отказы характеризуются скачкообразным изменением одного или нескольких параметров аппаратуры и возникают в результате внезапного изменения одного или нескольких параметров элементов, из которых построена РЭА (обрыв или короткое замыкание). Устранение внезапного отказа производят заменой отказавшего элемента исправным или его ремонтом.

*Постепенные* (параметрические) отказы характеризуются изменением одного или нескольких параметров аппаратуры с течением времени. Они возникают в результате постепенного изменения параметров элементов до тех пор, пока значение одного из параметров не выйдет за некоторые пределы, определяющие нормальную работу элементов. Это может быть последствием старения элементов, воздействия колебаний температуры, влажности, давления, механических воздействий, и т.п. Устранение постепенного отказа связано либо с заменой, ремонтом, регулировкой параметров отказавшего элемента, либо с компенсацией за счет изменения параметров других элементов.

По взаимосвязи между собой различают отказы независимые, не связанные с другими отказами, и зависимые. По повторяемости возникновения отказы бывают одноразовые (сбой) и перемежающиеся. Сбой - однократно возникающий самоустраняющийся отказ, перемежающийся -- многократно возникающий сбой одного и того же характера.

По наличию внешних признаков различают отказы явные - имеющие внешние признаки появления, и неявные (скрытые), для обнаружения которых требуется провести определенные действия.

По причине возникновения отказы подразделяют на конструкционные, производственные и эксплуатационные, вызванные нарушением установленных норм и правил при конструировании, производстве и эксплуатации РЭА.

По характеру устранения отказы делятся на устойчивые и самоустраняющиеся. Устойчивый отказ устраняется заменой отказавшего элемента (модуля), а самоустраняющийся исчезает сам, но может повториться. Самоустраняющийся отказ может проявиться в виде сбоя или в форме перемежающегося отказа. Отказ типа сбоя особенно характерен для РЭА. Появление сбоев обуславливается внешними и внутренними факторами.

К внешним факторам относятся колебания напряжения питания, вибрации, температурные колебания. Специальными мерами (стабилизации питания, амортизация, термостатирование и др.) влияние этих факторов может быть значительно ослаблено. К внутренним факторам относятся флуктуационные колебания параметров элементов, несинхронность работы отдельных устройств, внутренние шумы и наводки.

**Показателем надежности** называется количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих надежность объекта. Их подразделяют на единичные, характеризующие одно свойство, и комплексные, характеризующие несколько свойств. Единичные показатели применяются в основном для характеристики отдельных конструктивных элементов, комплексные — для узлов нагрузки и систем в целом.

#### **Единичные показатели надежности.**

Их можно подразделить на показатели безотказности и восстанавливаемости.

Основной количественной характеристикой безотказности является вероятность безотказной работы  $P(t)$ , т. е. вероятность того, что в заданном интервале времени (или в пределах заданной наработки) при заданных условиях работы не произойдет отказа  $P(t) = P(T_0 \geq t)$ . Функцией, характеризующей противоположное событие, является вероятность отказа, или ненадежность  $Q(t) = P(T < t)$ . Очевидно, что  $P(t) + Q(t) = 1$ .

Функция  $Q(t)$  обладает всеми свойствами интегральной функции распределения случайной величины – времени безотказной работы:  $Q(t) = 0$  при  $t = 0$ ;  $Q(t) = 1$  при  $t = \infty$ ;  $Q(t_i) \geq Q(t_j)$  при  $t_i > t_j$ .

Плотность распределения  $f(t)$  случайной величины. Это есть производная от функции распределения:

$$f(t) = \frac{Q(t)}{dt} = Q'(t) - P'(t). \quad (5.1)$$

Интенсивность отказов  $\lambda(t)$ :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{P'(t)}{P(t)} = -\frac{d}{dt} [\ln P(t)], \quad (5.2)$$

где  $\ln P(t) = -\int_0^t \lambda(t) dt;$  (5.3)

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad \text{— экспоненциальный закон надежности.}$$

Единичными показателями надежности простых элементов схем электрических соединений являются:

- частота отказов  $\omega$ , 1/год;
- среднее время восстановления элемента  $T_B$ , год;
- частота плановых ремонтов  $\mu$ , 1/год;
- средняя продолжительность планового ремонта  $T_P$ , год.

Частота отказов элементов (собственная частота) оценивается числом повреждений оборудования в единицу времени и определяется как отношение числа отказавшего оборудования  $n_0$  за расчетный период  $\Delta t$  к общему числу комплектов оборудования  $n$ :

$$\omega = n_0 / (n \Delta t). \quad (5.4)$$

Частота отказов измеряется количеством отказов за год и равна обратной величине времени наработки на отказ  $T$ . Среднее время восстановления элемента  $T_B$ , лет, определяется временем восстановительного ремонта.

К показателям восстанавливаемости относятся вероятность восстановления объекта  $Q_B(t) = P(T_B \leq t), t \geq 0$  и вероятность невосстановления  $P_B(t) = P(T_B \geq t)$ . Функция  $Q_B(t)$ , так же как  $Q(t)$ , является интегральной функцией распределения случайной величины времени восстановления с дифференциальным законом:

$$a_B(t) = Q'_B(t) = -P'_B(t). \quad (5.5)$$

Для характеристики надежности простых элементов используются также **комплексные показатели**.

К числу комплексных показателей надежности относятся:

- вероятность состояния отказа  $P$ ;
- коэффициент готовности  $K_G$ ;
- коэффициент аварийного (вынужденного) простоя  $K_{II}$ ;
- коэффициент технического использования  $K_{Т.И}$ ;
- средний недоотпуск электроэнергии  $\Delta \mathcal{E}_{CP}$ ;
- средний ущерб на один отказ;
- удельный ущерб.

Вероятность состояния отказа элемента определяется как произведение частоты отказов на время восстановления элемента и является безразмерной величиной:

$$P = \omega T_B. \quad (5.6)$$

Вероятность планового ремонта:

$$P^P = \mu T_P. \quad (5.7)$$

Вероятность безотказной работы:

$$R = 1 - P. \quad (5.8)$$

Коэффициент готовности  $K_G$  характеризует частично свойство безотказности и ремонтпригодности. Он представляет собой вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени между плановыми ремонтами и осмотрами, при экспоненциальном законе распределения времени восстановления  $T_{B.CP}$ :

$$K_G = T_{O.CP} / (T_{O.CP} + T_{B.CP}), \quad (5.9)$$

где  $T_{O.CP}$  – среднее время безотказной работы элемента;

$T_{B.CP}$  – среднее время аварийного восстановления.



Коэффициент аварийного простоя или коэффициент вынужденного простоя  $K_{AB}(q_{AB})$ :

$$K_{AB} = 1 - K_G = T_{B.CP} / (T_{O.CP} + T_{B.CP}). \quad (5.10)$$

*Контрольные вопросы:*

1. Как устроен трехфазный трансформатор?
2. Почему сердечник трансформатора набирается из тонких листов стали?
3. Каковы соединения обмоток трансформаторов по ГОСТУ и как они обозначаются?
4. Как определяется коэффициент трансформации трехфазных трансформаторов?
5. Как определяются параметры короткого замыкания трансформатора?
6. Что называется внешней характеристикой трансформатора?

## ЛЕКЦИЯ № 5

### ЦИФРОВАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАДЁЖНОСТИ ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЙ

#### ПЛАН:

1. Причины отказов основных элементов систем электроснабжения.
2. Силовые трансформаторы
3. Коммутационные аппараты

Наиболее оптимальным в данной ситуации представляется использование специальных блокираторов-замков. В отличие от обычных блокираторов, эти устройства выполняют функцию этакого "амбарного" замка на телефонной линии, делая невозможным как правильный набор номера в линию, так и прохождение вызывного сигнала. Нормальному режиму работы телефонных станций такие устройства не препятствуют.

Во втором случае довольно эффективной является система защиты от параллельного подключения, установленная в разрыв линии рядом с аппаратом абонента. Принцип действия данной системы состоит в следующем: блок защиты постоянно анализирует состояние линии и при падении в ней напряжения ниже установленного предела (снятие трубки и попытка набора номера с пиратского аппарата) нагружает линию специально рассчитанной резистивно-емкостной цепью, не позволяя таким образом осуществить дальнейший набор номера. При подъёме трубки на защищаемом телефонном аппарате в блоке защиты срабатывает датчик тока, который отключает защиту.

Возможность ограничения опасных сигналов основывается на нелинейных свойствах полупроводниковых элементов, главным образом диодов. В схеме ограничителя малых амплитуд используются два встречноключенных диода, имеющих вольт-амперную характеристику (зависимость значения протекающего по диоду электрического тока от приложенного к нему напряжения) [1]. Такие диоды имеют большое сопротивление (сотни кОм) для токов малой амплитуды и единицы Ом и менее - для токов большой амплитуды (полезных сигналов), что исключает прохождение опасных сигналов малой амплитуды в телефонную линию и практически не оказывает влияния на прохождение через диоды полезных сигналов [2].

Наиболее информативным легко измеряемым параметром телефонной линии является напряжение в ней при положенной и поднятой телефонной трубке. Это обусловлено тем, что в состоянии, когда телефонная трубка положена, в линию

подается постоянное напряжение в пределах 60 В (для отечественных АТС). При поднятии трубки в линию от АТС поступает сигнал, преобразуемый в телефонной трубке в длинный гудок, а напряжение в линии уменьшается до 10 - 12 В [3]. Частота сигнала в телефонной линии 25 Гц.

Актуальность оценки надежности электронных устройств связана с развитием современной аппаратуры и характеризуется значительным увеличением ее сложности. Прогресс современной техники, высокие требования к точности, помехозащищенности, быстродействию привели к усложнению электронных узлов и блоков радиоаппаратуры и оборудования.

Все факторы, влияющие на надежность РЭА, условно принято рассматривать применительно к трем этапам: проектирования, изготовления, эксплуатации.

### **Причины отказов основных элементов систем электроснабжения.**

В процессе эксплуатации элементов в материалах, из которых они изготавливаются, вследствие термических, механических воздействий, электромагнитных полей, агрессивной среды, снижения показателей качества электроэнергии накапливаются необратимые изменения, снижающие прочность, нарушающие координацию и взаимодействие частей. Эти изменения в случайные моменты времени могут приводить к отказу элемента.

Отказ возникает вследствие теплового, вибрационного старения изоляции трансформаторов, кабельных линий, генераторов, коррозии металлических частей проводов, опор, оболочек кабельных линий, износа дугогасительных камер, коммутационных аппаратов при отключении токов коротких замыканий, а также вследствие деформации материалов, диффузии одного материала в другой.

**Линии электропередач (ЛЭП)** – наиболее часто повреждаемые элементы электрических систем из – за территориальной рассредоточенности и подверженности влиянию внешних неблагоприятных условий среды.

Основные причины отказов **воздушных ЛЭП**: наличие гололедно – ветровых нагрузок, перекрытий изоляции вследствие грозových разрядов; повреждение опор и проводов автотранспортом и другими механизмами; дефекты изготовления опор, проводов, изоляторов; перекрытия изоляции из–за птиц; несоответствия опор, проводов, изоляторов природно – климатическим зонам страны; неправильный монтаж опор и проводов; несоблюдение сроков ремонта и замены оборудования.

Эти причины приводят в основном к ослаблению или нарушению механической прочности опор, проводов, изоляторов; поломке деталей опор, коррозии и гниению металлических и деревянных частей.

Вибрация, «пляска» и обрыв проводов, разрушение опор ил их частей

сопровождается, как правило, короткими замыканиями (одно- и многофазными) ЛЭП.

Основной причиной отказов **кабельных ЛЭП** является нарушение их механической прочности землеройными машинами и механизмами (до 70% от всех повреждений), что, естественно, зависит от интенсивности проведения земляных работ в местах прокладки кабелей и способов прокладки (непосредственно в земле, трубах, блоках, туннелях). Наибольшая повреждаемость возникает при прокладке кабелей непосредственно в земле.

Значительную долю повреждений кабельных линий составляют электрические пробой в кабельных муфтах (соединительных) и на концевых воронках, участках кабелей, проложенных с большим уклоном.

Вследствие старения и износа изоляции (междуфазной и поясной), попадания влаги в кабельную линию, коррозии металлических частей, усиливающейся при появлении блуждающих токов, возникновения неравномерностей в вязкой пропитке по длине кабеля из-за разности уровней по горизонту повреждения возникают существенно реже.

Отказы кабельных линий также сопровождаются короткими замыканиями.

Продолжительность восстановления кабельных линий существенно больше по сравнению с воздушными и составляет десятки часов.

**Силовые трансформаторы** повреждаются реже, чем ЛЭП, но их восстановление требует более продолжительного времени.

Основными причинами отказов трансформаторов являются:

- нарушения изоляции обмоток вследствие воздействия внешних и внутренних перенапряжений, сквозных токов коротких замыканий, дефектов изготовления. Причинами повреждения изоляции обмоток трансформаторов зачастую является износ и старение ее вследствие перегрузок, недостаточного охлаждения. Трансформаторы выходят из строя также вследствие повреждения устройств, регулирующих напряжения (особенно автоматических под нагрузкой);
- повреждения вводов трансформаторов вследствие перекрытия изоляции;
- повреждения контактных соединений;
- упуск масла.

Ремонт трансформаторов малых габаритов (до 20 кВ) производится централизованно, а поврежденный трансформатор заменяется в течение короткого времени (единицы часов). Ремонт трансформаторов больших габаритов осуществляется на месте достаточно длительное время (десятки и сотни часов), при этом применяются подъемные механизмы.

**Коммутационные аппараты** являются более сложными с точки зрения надежности электрической системы. Они подразделяются на автоматические (выключатели, отделители с короткозамыкателями, автоматы, предохранители) и неавтоматические (разъединители и рубильники). Отказы коммутационных аппаратов происходят при выполнении ими операций (отключение коротких замыканий, нагрузок, оперативных переключениях и др.) и в стационарном состоянии.

Основными причинами отказов коммутационных аппаратов являются: несрабатывание приводов, механические повреждения, износ дугогасительных камер, обгорание контактов, перекрытие изоляции при внешних и внутренних перенапряжениях.

Отказы устройств релейной защиты и автоматики в расчетах надежности электрических сетей часто также учитываются в отказах выключателей. При моделировании отказов выключателей все повреждения целесообразно привести к двум видам (с точки зрения последствий для системы): отказы выключателей, приводящие к необходимости срабатывания смежных выключателей с одной его стороны (левой или правой, в том числе и его ложное срабатывание), и отказы выключателей, приводящие к необходимости срабатывания смежных выключателей с двух его сторон (левой или правой, в том числе и отказы в стационарном состоянии). Отказы также подразделяются на отказы при отключении и включении, например при автоматическом вводе резерва (АВР).

Продолжительность восстановления коммутационных аппаратов возрастает с увеличением номинального напряжения электроустановок и, как правило, соизмерима с продолжительностью восстановления воздушных ЛЭП (единицы, десятки часов).

Коммутационные аппараты в отличие от ЛЭП и трансформаторов относятся к элементам дискретно – непрерывного действия, поэтому их модели в расчетах надежности, как правило, более сложные по сравнению с моделями элементов непрерывного действия.

Элементы электрических сетей, которые подвергаются аварийному ремонту после возникновения повреждений, нередко подвергаются также и профилактическому, предупредительному ремонту, осуществляемому в тех случаях, когда отдельные части элементов изношены. Такой ремонт увеличивает интервал времени между отказами. Это обстоятельство позволяет сделать предположение, что элемент после аварийного ремонта восстанавливается до состояния «нового».

Работа реального элемента электрической сети в установившемся режиме практически не зависит от вида распределений продолжительности работы и

продолжительности восстановления и достаточно хорошо отражается поведением элемента с показательными распределениями этих интервалов времени.

Для неустановившихся значений вероятностей состояния (работы или отказа) виды распределений оказывают более существенное влияние, особенно на вероятность нахождения в состоянии отказа. Однако следует иметь в виду, что значительное усложнение математических моделей по сравнению с показательными распределениями часто не оправдывается достигаемыми значениями уточнений результатов.

Количественными оценками показателей надежности (справочные данные) основного оборудования систем электроснабжения являются:

- параметр потока отказов (частота отказов)  $\omega$  ( $\lambda$ ), 1/год;
- среднее время восстановления элемента  $T_B$ , год (час);
- параметр потока преднамеренных отключений (частота плановых ремонтов)  $\mu$  ( $\lambda_P$ ), 1/год;
- средняя продолжительность планового ремонта  $T_P$ , год (час).

Частота отказов элементов (собственная частота) оценивается числом повреждений оборудования в единицу времени и определяется как отношение числа отказавшего оборудования  $n_0$  за расчетный период  $\Delta t$  к общему числу комплектов оборудования  $n$ :

$$\omega = n_0 / (n \Delta t).$$

Частота отказов измеряется количеством отказов за год и равна обратной величине времени наработки на отказ  $T$ .

### *Контрольные вопросы*

1. Что такое трансформатор тока?
2. Что такое трансформатор напряжения?
3. Как определяют коэффициент ТТ и ТН?
4. Какие виды бывают ТТ и ТН?
5. Для чего используются ТТ и ТН?
6. Какие бывают погрешности ТТ и ТН?

## ЛЕКЦИИ № 6

### МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СХЕМ

#### ПЛАН:

1. Прогнозирование ущерба
2. Вероятность отказа
3. Оценка живучести сложных схем

Надежность является, как известно, экономической категорией, поэтому в общем случае уровень надежности изменяется (как правило, повышается) за счет увеличения уровня затрат на сооружение и эксплуатацию электрических систем. Поэтому при проектировании и эксплуатации электрических систем стараются отыскать и осуществить такие решения, при которых соблюдалось бы оптимальное соотношение между затратами на производство и распределение электроэнергии и технико – экономическими последствиями от недоотпуска электроэнергии (ущерба) вследствие нарушений питания потребителей из-за отказов оборудования.

Прогнозирование ущерба основывается не только на знании технологии и экономических характеристик работы потребителей, но и на показателях надежности различных подсистем электрической системы, в частности подсистем распределения электроэнергии. Для них характерны многочисленность элементов; сложность структур; территориальная распределенность; воздействие внешних постоянно меняющихся факторов; в общем случае резервирование функций отказавшего элемента не одним элементом, а несколькими; наличие элементов как непрерывного действия (генераторы, линии передач, трансформаторы), так и дискретно – непрерывного действия (коммутация и защитная аппаратура); наличие автоматического и оперативного способов локализации повреждений, постоянно меняющиеся нагрузки и параметры режимов.

Большая часть повреждений в электрических системах связана с нарушением электрической изоляции элементов, поэтому от момента возникновения повреждения до его локализации зона неблагоприятного влияния, как правило, велика (теоретически охватывает все электрически и электромагнитно связанные элементы). Причем для отдельных видов потребителей (например, некоторые предприятия химической промышленности) сам факт возникновения повреждения, при котором понижается напряжение, является отказом.

Перечисленные особенности электрических систем и сетей обуславливают достаточно сложные задачи анализа надежности, в числе которых можно указать

основные:

1. Выявление основных «механизмов» возникновения состояний отказа элементов.
2. Обоснование и освоение методов определения показателей надежности простейших структур электрических систем.
3. Разработка моделей отказов и методов определения показателей надежности сложных схем электрических систем на основе декомпозиции сложных структур с ориентацией на целенаправленные приемы принятия решений.
4. Оценка живучести сложных схем.
5. Техничко–экономическая оценка последствий перерывов электроснабжения потребителей.

Как уже указывалось, теория надежности основывается на вероятностно – статистической природе поведения сложных систем. Поэтому основным методом решения поставленных задач является математическое, вероятностное моделирование процессов функционирования на основе ретроспективной информации о показателях надежности оборудования и режимах электропотребления.

Объединенные в сложный элемент простые элементы могут быть соединены между собой последовательно или параллельно.

При последовательном соединении отказ одного из простых элементов приводит к отказу всего сложного элемента. Частота отказов сложного элемента при последовательном соединении  $n$  простых элементов равна сумме частот отказов всех простых элементов:

$$\omega_{сл} = \sum_i^n \omega_i . \quad (7.1)$$

Вероятность отказа, равно как и вероятность состояния отказа, такого сложного элемента определяется на основании положения теории вероятности о возникновении хотя бы одного из возможных случайных независимых и совместных событий. На примере сложного элемента, состоящего из двух простых последовательно соединенных элементов можно записать функцию неработоспособности или отказа:

$$P(A + B) = \bar{A}B + A\bar{B} + \bar{A}\bar{B} = A(1 - \bar{B}) + \bar{B}(1 - \bar{A}) + \bar{A}\bar{B} = \bar{A} + \bar{B} - \bar{A}\bar{B} \quad (7.2)$$

где  $\bar{A}, \bar{B}$  — события противоположные событиям  $A, B$ .



Переходя к вероятностным обозначениям, получаем:

$$P_{с\lambda} = P(A) + P(B) - P(AB). \quad (7.3)$$

Произведение вероятностей отказов простых элементов в электроэнергетике, как показала практика, является бесконечно малой величиной, поэтому  $P(AB) \rightarrow 0$ , а вероятность отказа сложного элемента  $P_{с\lambda} = P(A) + P(B)$  или в общем виде, т. е. вероятность отказа сложного элемента при последовательном соединении простых элементов равна сумме вероятностей отказов этих элементов.

За частоту плановых ремонтов сложного элемента принимается наибольшая частота вывода в плановый ремонт какого-либо простого элемента

$$\mu_{с\lambda} = \max \mu_i. \quad (7.4)$$

Вероятность планового ремонта для сложного элемента

$$P^P_{с\lambda} = \mu_{с\lambda} T_{P.с\lambda}, \quad (7.5)$$

где  $T_{P.с\lambda}$  — среднее время планового ремонта сложного элемента. Расчет этого времени вызывает затруднения, так как на практике при выводе в ремонт оборудования, состоящего из отдельных элементов, совмещают ремонт этих элементов, а не ведут его последовательно по элементам. В общем виде:

$$T_{P.с\lambda} = \left[ \max T_{Pj} \mu_j + \sum_{\text{я}}^{n-1} T_{P\text{я}} (\mu_{\text{я}} - \mu_i) \right] / \max \mu_i \quad (7.6)$$

При параллельном соединении элементов условием отказа является отказ всех элементов, входящих в данный сложный элемент. Параллельное соединение характерно для схем с резервированием, например, схем электроснабжения собственных нужд ЭС по двум параллельным кабелям.

Частота отказов сложного элемента, состоящего из двух параллельно соединенных элементов:

$$\omega_{с\lambda} = \omega_1 P_2 + \omega_2 P_1, \quad (7.7)$$

где  $\omega_1, \omega_2$  — частота отказов первого и второго элементов;

$P_2, P_1$  — вероятность отказа первого и второго элементов.

Вероятность отказа, равно как и вероятность состояния отказа, такого сложного элемента определяется на основании положений теории вероятности об одновременном возникновении двух независимых совместных событий. Функция неработоспособности в символах алгебры логики  $P(AB) = \overline{A}\overline{B}$ , или в вероятностной записи  $P_{сл} = P(A)P(B)$ .

В общем виде вероятность состояния отказа сложного элемента равна произведению вероятностей отказов простых параллельно соединенных элементов:

$$P_{сл} = \prod_i^n P_i. \quad (7.8)$$

Среднее время восстановления сложных элементов:

$$T_{сл} = P_{сл} / \omega_{сл}. \quad (7.9)$$

При параллельном соединении двух однотипных элементов:

$$T_{в.сл} = \prod_j^2 P_i / (\omega_1 P_2 + \omega_2 P_1) = \omega^2 T_B^2 / 2\omega^2 T_B = T_B / 2 \quad (7.10)$$

Частота и продолжительность плановых ремонтов элементов, производимых не одновременно, определяются так же, как для простых элементов.

Различают частоту устойчивых, неустойчивых и суммарных отказов линий. Частота устойчивых отказов  $\omega^y$ , 1/год, учитывает только отказы, не устраняемые действием автоматического повторного включения (АПВ). Неустойчивые отказы, например, однофазные замыкания линии на землю при грозовых перенапряжениях, устраняются действием АПВ.

Отношение частоты устойчивых отказов к суммарной частоте отказов называется коэффициентом неуспешных действий АПВ  $K_{АПВ} = \omega^y / \omega < 1$ . Значение  $K_{АПВ}$  принимается по статистическим данным о работе защитных устройств, в случае отсутствия АПВ  $K_{АПВ} = 1$ .

Остальные показатели надежности ВЛ и КЛ рассчитываются так же, как показатели простых элементов.

Особую группу среди сложных элементов образуют коммутационные аппараты (КА), к которым относят выключатели, выключатели нагрузки, отделители, короткозамыкатели, автоматические выключатели на напряжение

ниже 1 кВ. Характерной особенностью работы КА является их автоматическое отключение при отказах смежных элементов. Отказы КА могут происходить в статическом состоянии, при производстве оперативных переключений, при автоматических отключениях отказавших смежных элементов. Коммутационный аппарат является связующим для двух элементов, которые по отношению к нему рассматриваются как смежные, например для линии и системы сборных шин, генератора и силового трансформатора.

Отказы КА в статическом состоянии и при оперативных переключениях, если рассматривать наиболее вероятные случаи КЗ в КА, приводят в режим КЗ один либо оба смежных элемента, в зависимости от состояния КА и вида разрушения при КЗ.

Важнейшей характеристикой надежности КА является относительная частота отказов при автоматическом отключении поврежденного элемента схемы:

$$\alpha_{ABT} = K_a / K_{ABT}, \quad (7.11)$$

где  $K_a$  – число отказов КА;

$K_{ABT}$  – общее число отключений.

Кроме того, различают относительную частоту отказов КА при переключениях:

$$\alpha_{оп} = K_o / K_{оп}, \quad (7.12)$$

где  $K_o$  — количество отказов при выполнении коммутационных операций, в том числе отключений КЗ;

$K_{оп}$  — общее число операций.

В обоих случаях учитываются отказы собственно КА и отказы его привода и защитных устройств.

Относительная частота отказов при автоматическом отключении поврежденных элементов выступает в качестве условной вероятности случайного события при зависимых отказах. В самом деле, если произошло КЗ на воздушной линии (событие), то отказ выключателя при автоматическом отключении (событие) может произойти как следствие отключения токов КЗ. Одновременный отказ двух элементов происходит с вероятностью:

$$P(AB) = P(A/B)P(B), \quad (7.13)$$

где  $P(B) = \omega_{\Delta} T_{B,\Delta}$ .

Здесь  $\omega_{\Delta}$  — частота отказов ВЛ;

$T_{B,\Delta}$  — среднее время восстановления ВЛ.

Тогда:

$$P(AB) = \alpha_{ABT} \omega_{\Delta} T_{B,\Delta}. \quad (7.14)$$

### *Контрольные вопросы*

1. Что такое сварочный трансформатор?
2. Какие бывают сварочные аппараты?
3. Каком принципе работает трансформатор?
4. Расскажите принцип работы трансформатора?
5. Для чего и где используются трансформаторы?
6. Какой основной режим работы трансформатора?

## ЛЕКЦИЯ № 7

# СЛЕДСТВИЯ ВЫХОДА ИЗ СТОЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

### ПЛАН:

1. Недоотпуск электроэнергии
2. Экономический ущерб
3. Внезапный автоматический отключении

Недоотпуск электроэнергии объясняется перерывами и ограничениями в электропотреблении. Размер убытков определяет надёжность схемы электрической сети.

Исходные данные для анализа надёжности схем электрической сети:

- показатели надёжности плановых ремонтов её элементов;
- характеристики нагрузки и источников питания;
- расчётная схема сети.

При анализе учитываются следующие показатели надёжности и плановых ремонтов:

- $T_B$  – время вынужденного простоя (восстановление, средняя продолжительность аварийного ремонта, год/отказ);
- $\omega_B$  – параметр потока вынужденных отказов (средняя частота отказа), отказ/год;
- $K_B = \omega_B T_B$  – коэффициент вынужденного простоя (коэффициент восстановления);
- $\omega_n$  – средняя частота плановых ремонтов, простой/год;
- $T_n$  – средняя длительность планового ремонта (простоя), год/простой;
- $K_n = \omega_n T_n$  – коэффициент планового простоя.

К характеристикам источников питания относятся:

установленная мощность электростанции; резерв мощности ЭС, который может быть передан в сеть через районную подстанцию. Как было отмечено, недоотпуск электроэнергии возникает при ограничениях и перерывах ( $\varepsilon=1$ ) в электропотреблении потребителей. Со всех видов ограничения потребления будем учитывать только ограничения при разделе источников питания. Этот вид ограничений – наиболее типичен для разрабатываемых в проекте простой структуры схем сети, запитанных от двух источников.

Перерывы электроснабжения. Рассматривается каждый потребитель по формуле:

$$Y_i = Y_{ei} + Y_{ni}, \quad (9.1)$$

где  $Y_{ei}$  – ущерб потребителей от простоя в результате аварии,  
 $Y_{ni}$  – ущерб от простоя при плановых ремонтах.

При полном ограничении питания потребителей имеем:

$$Y_i = P_{max}(\alpha_{\varepsilon=1} K_{ei} + \beta_{\varepsilon=1} K_{ni}), \quad (9.2)$$

где  $K_{vi}$  – коэф.вынужденного простоя,  $K_{vi} = \omega_v T_v$   
 $K_{ni}$  – коэф.планового простоя,  $K_{ni} = \omega_n T_n$   
 $P_{max}$  – максимум нагрузки  $i$ -го потребителя.

В случае частичного ограничения питания потребителей ущерб составит величину:

$$Y_i = P_{max}(\alpha \varepsilon_v K_{ei} + \beta \varepsilon_n K_{ni}), \quad (9.3)$$

$$\varepsilon_v = P_{в.отк} / P_{max} ; \varepsilon_n = P_{п.отк} / P_{max} ;$$

$\alpha$  - удельный ущерб от аварийных отключений питания потребителя;

$\beta$  - удельный ущерб от плановых отключений питания;

$P_{в.отк}$  ,  $P_{п.отк}$  - отключаемая часть нагрузки на время восстановления аварийных повреждений или плановых ремонтах сети.

Ущерб от недоотпуска электроэнергии по сети равняется сумме ущербов всех “ $n$ ” потребителей.

Показатели надёжности  $K_{vi}$  ,  $K_{ni}$  рассчитываются на основе преобразования расчётной схемы надёжности  $i$ -го потребителя. В схеме надёжности каждая линия отображается блоком и задаётся показателями  $T_v$  ,  $K_n$  ,  $\omega_n$  .Учитываются только те линии, которые связывают данный потребитель с источниками питания. Источники питания считаются бесконечной мощности и закорачиваются в одном узле.

Двухцепные линии 35-220 кВ замещаются тремя блоками. Два параллельных блока учитывают отказы отдельных линий и задаются

показателями  $T_B'$ ,  $T_n$ ,  $\omega_B'$ ,  $\omega_n$ . Последовательный блок учитывает одновременно отказ двух линий и задаётся показателями  $\omega_B''$ ,  $T_B''$

Преобразования (упрощения) расчётных схем выполняются на основе эквивалентирования (расчёта эквивалентных показателей надёжности) последовательно и параллельно соединяемых блоков. Процесс преобразований схемы сводится к получению результирующего блока, показатели надёжности и плановых ремонтов которого совпадают с показателями надёжности электроснабжения потребителя, для которого составлялась схема. Эти показатели используются для определения ущербов по формуле. Параллельно соединённые элементы сети обеспечивают высокую степень надёжности и в ряде случаев могут не учитывать при определении ущерба от недоотпуска энергии.

Оптимальность технического решения, выбранного при проектировании и эксплуатации системы электроснабжения означает, что заданный производственный эффект (располагаемая мощность, отпускаемая энергия, уровень надёжности и качества) получается с минимальными возможными затратами материальных и трудовых ресурсов.

При определении оптимального варианта из некоторого числа возможных, обеспечивающих выполнение технического задания, необходимо вычислить приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию энергетического объекта.

**В зависимости от длительности сооружения и условий поочередного ввода приведенные затраты исчисляются по-разному.**

Если строительство и пуск в эксплуатацию осуществляются в течение года, то

$$Z = E_n K + I, \quad (9.4)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений  $K$ , в энергетике  $E=0,12$ ;

$I$  – издержки эксплуатации.

Если объект строится на протяжении  $T$  лет, то

$$Z = \sum_{t=1}^T E_n K_t (1 + E_{n,n})^{t-1} + I, \quad (9.5)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент приведения разновременных затрат, определяемый финансовой политикой государства для каждой отрасли народного хозяйства (в энергетике  $E_{n,n} = 0,08$ );

$K_t$  – капиталовложения в  $t$ -м году;

$\tau$  - год приведения затрат, который может быть любым, но одним и тем же для всех сравниваемых вариантов (чаще всего приводят затраты к первому году окончания строительства и даже более позднему сроку).

Если в период многолетнего строительства частично эксплуатируются вновь созданные основные фонды, а это происходит при развитии энергосистем и объединениях, то

$$Z = \sum_{t=1}^{\tau} (E_n K_t + \delta I_t + \delta Y_t) (1 + E_{n,n})^{\tau-t} \quad (9.6)$$

где  $\delta I_t$  – приращение издержек в году  $t$  по сравнению с годом  $t-1$ .

Оптимальным вариантом считается тот, у которого приведенные затраты, определяемые по формулам (9.4)...(9.6), минимальны.

Сравниваемые варианты по ряду причин обладают неодинаковой степенью надежности. Несоблюдение условия одинаковой надежности или качества в сравниваемых вариантах приводит к нарушению основного требования – равенства производственного и народнохозяйственного эффекта.

При сравнении вариантов с неодинаковой надежностью требуется вводить в расчётные формулы члены, учитывающие возможный народнохозяйственный ущерб от отказов оборудования и установок, или члены, учитывающие затраты на повышение надежности до нормативного уровня.

Затраты, обусловленные аварийным (и запланированным) перерывом электроснабжения, можно рассматривать как средние дополнительные помимо основных затрат на сооружение объекта и его нормальную эксплуатацию. Расчётные формулы (9.4)...(9.6) примут вид:

$$Z = E_n K + I + Y; \quad (9.7)$$

$$Z = \sum_{t=1}^{\tau} E_n K_t (1 + E_{n,n})^{\tau-t} + I + Y; \quad (9.8)$$

$$Z = \sum_{t=1}^{\tau} (E_n K_t + \delta I_t + \delta Y_t) - (1 + E_{n,n})^{\tau-t} \quad (9.9)$$

где  $Y$  и  $\delta Y_t$  – средний годовой народнохозяйственный ущерб на стадии нормальной эксплуатации и приращение ущерба в  $t$ -м году;

$$\delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}; \quad \delta I_t = I_t + I_{t-1}.$$

Средний ущерб можно рассчитать по формулам, в которых используется удельная оценка ущерба. Оценка удельного ущерба получается в результате



обработки фактических данных о последствиях большого числа аварий, экономический ущерб от которых определяется.

Экономический ущерб является лишь частью народно-хозяйственного ущерба, который может иметь еще социальные и экологические составляющие, не оцениваемые в денежном выражении. Экономический ущерб складывается из ущерба потребителей и ущерба (потери и затраты) энергоснабжающей организации. Причины экономического ущерба: простой, недоиспользование, непроизводительный расход или уничтожение ресурсов, снижение качества продукции, перерасход элементов производства. Экономический ущерб подразделяется на основной, дополнительный, прямой и косвенный.

Составляющие экономического ущерба:

- затраты на аварийный ремонт (восстановление) оборудования или потери, связанные с его недоамортизацией из-за досрочной ликвидации;
- стоимость дополнительных потерь электроэнергии в сети из-за отклонения электрического режима от оптимального;
- стоимость топлива, расходуемого на пуск энергоблоков, растопку котлоагрегатов и поддержание горения в топках во время аварийной разгрузки или останова агрегатов электростанций;
- затраты на демонтаж и транспортировку оборудования при отправке на ремонтный завод или завод изготовитель;
- дополнительные затраты на выработку электроэнергии на замещающих агрегатах;
- затраты на содержание резервного оборудования;
- потери, связанные с простоем оборудования и обслуживающего персонала, при аварийном отключении потребителей;
- ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям при отключении с предупреждением во время прохождения максимума;
- ущерб от внезапного отключения потребителей и недоотпуска энергии за время восстановления электроснабжения.

Оценки удельного ущерба  $y_n$  (в сумах на перерыв электроснабжения) и  $y_{\text{ч}}$  (в сумах на час перерыва), полученные на основе оценок фактического экономического ущерба, позволяют рассчитать народнохозяйственный ущерб при проектировании систем электроснабжения:

$$Y = \sum_{r=1}^{Nr} \sum_{i=1}^{Ni} \Lambda(i, r) [y_n] (\mathbf{l}) + 8760 y_{\text{ч}} (\mathbf{l}) \tau (\mathbf{l}, \mathbf{r}) \quad (9.10)$$

где  $\tau(\mathbf{l}, \mathbf{R})$  - среднее время восстановления питания 1-го потребителя при R-й аварии;

$N_1$  - число потребителей;

$\Lambda(\mathbf{l}, \mathbf{R})$  - частота аварий с погашением 1-го потребителя.

При рассмотрении установок системы электроснабжения народнохозяйственный ущерб определяется с помощью оценки удельного ущерба  $Y_R(\Delta W)$  от недоотпуска энергии и прироста приведенных затрат  $\Delta C_p$  на 1кВт.ч энергии, выработанной на резервных станциях:

$$Y = \sum_{R=1}^N [y_K(\Delta W) \Delta W_{cR} + \Delta C_p(\Delta W_{cR})] \quad (9.11)$$

где  $\Delta W_{cT}$  - недоотпуск энергии в системе и снижение выработки энергии станцией.

Похожие оценки величины  $Y_R(\Delta W)$  получаются по формулам. При плановом ограничении потребителей в часы максимума нагрузки:

$$Y_R(\Delta W) = 0,1;$$

при кратковременном отключении с предупреждением, а также при снижении частоты без отключения

$$Y_R(\Delta W) = 0,3;$$

при внезапном автоматическом отключении от частотных устройств противоаварийной автоматики

$$Y_R(\Delta W) = 0,5 + 5 \Delta P^*,$$

где  $\Delta P^*$  - отношение аварийного снижения нагрузки потребителей к номинальной мощности нагрузки энергосистемы;

при внезапном автоматическом отключении для предотвращения нарушений устойчивости

$$Y_R(\Delta W) = 1 + 10 \Delta P^*.$$

### ***Контрольные вопросы:***

1. Какие виды есть короткого замыкания?
2. Принцип работы реле тока?

3. Что собой представляет реле промежуточный?
4. Какие виды изоляции применяются в трансформаторе?

## ЛЕКЦИЯ № 8

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АНАЛИЗЫ НАДЁЖНОСТИ ПО МЕТОДОМ ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ

#### ПЛАН:

1. Выбор напряжения цеховых трансформаторных подстанций
2. Экономический ущерб
3. Техничко-экономический анализ надёжности

#### **Выбор напряжения цеховых трансформаторных подстанций**

*Целью выбора трансформаторов ЗУР* является определение их количества, вида (типа, габаритного размера) и единичной номинальной мощности каждого, места размещения способа присоединения со стороны высокого напряжения и выхода на щит (шкаф, магистраль) низкого напряжения, выбор вида переключения ответвлений, схем и групп соединения обмоток. К моменту выбора и размещения полного списка электроприемников 1УР не требуется, и он обычно еще отсутствует, как и количество шкафов 2УР.

Выбор трансформаторов осуществляется в зависимости от требований окружающей среды. Для наружной установки применяют масляные трансформаторы. Для внутренней установки также преимущественно рекомендуется применение масляных трансформаторов, но с ограничениями по количеству и мощности, этажности. Для внутрицеховых подстанций с трансформаторами сухими или с негорючим жидким (твердым) диэлектриком мощность трансформаторов, их количество, расстояние между ними, этаж, на котором они могут быть установлены, не ограничиваются.

Трансформаторы с охлаждением негорючей жидкостью или литой изоляцией целесообразно применять в тех производственных помещениях, где по условиям среды, по количеству, значению, мощности и этажности нельзя применять масляные трансформаторы. Сухие трансформаторы мощностью от 160, но не более 630—1000 кВА, применяют главным образом в административных и общественных зданиях, где возможно большое скопление людей (универмага, спортивные и культурные сооружения, аэровокзалы), а также на испытательных станциях, в лабораториях и других установках с ограничениями по условиям обеспечения пожарной безопасности. Оба типа применяют в электроустановках промышленных предприятий (здесь ТСЗ до 1600 кВ • А), в частности, в нефтехимической, металлургической, машиностроительной, целлюлознобумажной отраслях.

Преимущество этих трансформаторов заключается в отсутствии горючего масла, поэтому их можно устанавливать непосредственно в производственных и других помещениях без ограничения суммарной мощности, а также в необычных местах (например, в подвале). С учетом токсичности и экологической опасности хлордифениловых и большинства других негорючих жидкостей (такие трансформаторы все еще эксплуатируются) рекомендуется замена трансформаторов во всех случаях. Сухие трансформаторы небольшой мощности легко разместить в помещениях, на колоннах, антресолях, так как они не содержат охлаждающей жидкости и, следовательно, не требуют устройства маслосборников. Их применение целесообразно, например, для питания освещения при системе раздельного питания силовых и осветительных нагрузок. Сухие трансформаторы обладают повышенным раздражающим шумом, что следует учитывать при установке трансформаторов в местах с возможным присутствием людей.

Практика проектирования и эксплуатации показывает, что число типов и исполнений трансформаторов, применяемых на одном предприятии, необходимо ограничивать, так как разнообразие их создает неудобства в эксплуатации и вызывает дополнительные затраты на электроремонт, осложняет резервирование и взаимозаменяемость. Разнообразие отражает ценологические свойства электрического хозяйства и не может быть уничтожено. Оно может быть сокращено или увеличено в пределах, разрешенных законом информационного отбора.

Выбор числа и мощности трансформаторов для промышленных предприятий определяется применением одно и двухтрансформаторных цеховых подстанций. Это позволяет создавать и рассматривать различные варианты схемы электроснабжения. Число  $7VL$  трансформаторов ЗУР определяется нагрузкой цеха, исключая высоковольтную нагрузку, и требованиями надежности электроснабжения:

$$N_{\text{тр}} = S_p / (k_z S_{\text{ном}}), \quad (4.1)$$

где  $S_p$  — полная расчетная нагрузка объекта, для которого определялись  $P_{\text{пик}}$  и  $\cos \varphi$  при расчете нагрузок;  $k_z$  — коэффициент загрузки;  $S_{\text{ном}}$  — номинальная мощность единичного трансформатора.

Наиболее простым и дешевым решением является применение однострансформаторных цеховых подстанций. На крупных предприятиях, имеющих складской резерв трансформаторов, их можно применять для питания электроприемников III и даже II категории. Однострансформаторные подстанции могут применяться и для питания электроприемников I категории, если мощность последних не превышает 15...20 % мощности трансформатора и возможно резервирование подстанций на вторичном напряжении перемычками с АВР.

Правила проектирования и общая тенденция повышения надежности электроснабжения ведут к установке двухтрансформаторных подстанций и для рассматриваемых случаев, т.е. к обеспечению всех потребителей как потребителей I категории. При установке однострансформаторных подстанций они могут быть закольцованы на стороне 0,4 кВ (соединены магистралями или кабельными перемычками). Это обеспечивает сохранение электроснабжения при отключении любого трансформатора и возможность загрузки каждого трансформатора до номинального значения, считая за расчетную нагрузку не максимум  $R_{\max} > a$  среднюю нагрузку  $R_{\text{ср}}$ .

Двухтрансформаторные цеховые подстанции применяются при преобладании электроприемников I и II категорий и в энергоемких цехах предприятий при большой удельной мощности нагрузки, достигающей 0,5 — 4 кВА/м<sup>2</sup>. В последних случаях технологически оформляются энергоемкие установки (агрегаты), питающиеся от своих трансформаторов (преобразователей), что снижает нагрузку на общецеховые трансформаторы до 0,2 кВ • А/м<sup>2</sup>.

Число и мощность трансформаторов цеховых подстанций являются взаимосвязанными величинами, поскольку при заданной расчетной нагрузке цеха  $P_p$  число трансформаторов будет меняться в зависимости от принятой единичной мощности КТП (формула (4.1)). При выборе цеховых трансформаторов обычно приходится сравнивать трансформаторы КТП единичной мощностью 630, 1 000, 1600 и

(реже) 2 500 кВ • А. Увеличение единичной мощности снижает общее количество устанавливаемых трансформаторов, но увеличивает протяженность сетей к 2У Р и 1УР, а также затраты на коммутационную аппаратуру и конструктивные затраты, связанные с ростом токов КЗ (по условиям установившегося отклонения напряжения и потерям электрической энергии не рекомендуется принимать длину кабельной линии 0,4 кВ более 200 м).

Практика проектирования и эксплуатации отдает предпочтение трансформаторам 1000 кВ А (и в меньшей степени 630 кВ • А), считая эту мощность оптимальной, а оптимальный коэффициент загрузки  $k_{\text{хот}} = 0,75 \dots 0,80$ . Однако ряд специалистов считает необходимым обеспечить  $k_l = 1$  для цеховых трансформаторов.

Число и мощность трансформаторов зависят от распределения нагрузок по площади цеха, наличия места для расположения цеховых подстанций, характера и режима работы электроприемников. Выбор цеховых трансформаторов осуществляется одновременно с решением задачи компенсации реактивной мощности цеховых потребителей электроэнергии. Для крупных цехов и

комплексов выбор единичной мощности трансформаторов ЗУР целесообразно осуществлять на основе техникоэкономического сравнения вариантов. Значительное влияние на результаты расчетов оказывают стоимость активных нагрузочных и холостого хода потерь в трансформаторах и разница в стоимости трансформаторов ЛА, которая для КТП значительна.

При каждой заданной суммарной нагрузке предприятия  $S$  существует значение номинальной мощности трансформаторов подстанций, которое определяется минимумом суммарных приведенных затрат на строительство сетевых узлов (подстанций и распределительных устройств). С ростом номинальной мощности в единице удельная стоимость трансформаторов на 1 кВ А уменьшается, поэтому при обычно используемых коэффициентах загрузки  $k_3$  (заданной сумме номинальных мощностей трансформаторов) с уменьшением их числа суммарные капитальные вложения в трансформаторы снижаются. Однако при этом увеличивается стоимость коммутационной аппаратуры низкого напряжения, которая начинает составлять все большую часть капиталовложений в сеть низкого напряжения (и подстанций).

После некоторого значения номинальной мощности трансформатора аппаратура низшего напряжения должна быть устойчива к действию значительных токов короткого замыкания, что делает ее стоимость соизмеримой со стоимостью трансформаторов. Это приводит к увеличению удельной (на 1 кВА) стоимости подстанций с учетом аппаратуры для подключения трансформаторов и обеспечивает существование минимума суммарных приведенных затрат на сетевые узлы. Этот минимум отвечает предельной (наибольшей) номинальной мощности трансформаторов, которая близка к оптимальной, так как для современных крупных промышленных предприятия значение предельной мощности трансформаторов отвечает

пологой неубывающей части зависимости

$$Z_n(S_n) + Z_v(S_n), \quad (4.2)$$

где  $Z_n(S_n)$ ,  $Z_v(S_n)$  — затраты на сеть соответственно высшего и низшего напряжений (включая трансформирование и подстанции).

В проектной практике цеховые трансформаторы часто выбирают без техникоэкономических расчетов, пользуясь коэффициентами загрузки трансформаторов и расчетной нагрузкой цеха. Для двухтрансформаторных цеховых подстанций при преобладании нагрузок I категории (до 80 %) коэффициент загрузки трансформаторов АГЗ принимается в диапазоне 0,6...0,7. Для однострансформаторных подстанций при наличии взаимного резервирования по переключкам с другими подстанциями на вторичном напряжении мощность трансформаторов выбирается с учетом степени резервирования. Коэффициент

загрузки цеховых трансформаторов может быть принят: при преобладании нагрузок II категории — 0,7...0,8, а при нагрузках III категории — 1.

Однако такой подход к выбору трансформаторов во многих случаях приводит к неэкономичным решениям, так как в условиях неполноты исходной информации имеют место ошибки в определении расчетных нагрузок цехов (завышение расчетных нагрузок). Кроме того, расчетная нагрузка цеха или предприятия достигается не сразу в первый год эксплуатации, а постепенно. Следует считаться и со стремлением эксплуатации не допускать по Ртах загрузку трансформаторов ответственных потребителей более 50%.

На ТП устанавливаются не менее двух трансформаторов для электроприемников (потребителей) любой категории надежности при следующих условиях: если суточный или годовой график нагрузок очень неравномерен (например, при односменной или сезонной работе цеха, предприятия, когда выгодно в ненагруженные часы (сезон) отключать один трансформатор, когда лимитируются габаритные размеры ТП и оборудования); если возможен дальнейший быстрый рост нагрузок, а заменить трансформатор на более мощный в будущем невыгодно или невозможно. Возможно сооружение цеховых ТП с числом трансформаторов три и более, но это исключение может быть, если, например, имеются мощные электроприемники, требующие блочного питания.

В последние годы ведется поиск наиболее эффективных методов выбора мощности цеховых трансформаторов. Один из подходов к решению этой задачи основывается на применении комплексного метода расчета электрических нагрузок, прогнозирующего увеличение нагрузки во времени и в зависимости от технологических показателей объекта. Тогда можно использовать удельную плотность нагрузки, которая для промышленных предприятий растет во времени.

При этом число трансформаторов  $N_{тр}$  связано с их номинальной мощностью следующим соотношением

$$N_{тр} = \frac{S_p}{k_{з,тр} S_{ном,з}}, \quad (4.3)$$

где  $k_{з,тр}$  — коэффициент загрузки трансформатора, который может отличаться от оптимального;  $S_{ном,з}$  — экономически целесообразная номинальная мощность трансформатора.

Значение  $S_{ном,з}$  в выражении (4.3) принимается в зависимости от удельной плотности расчетной нагрузки:

$S_{уд}$ , кВ · А/м <sup>2</sup> .....	Менее 0,2	0,2... 0,5	Более 0,5
$S_{ном,з}$ , кВ · А .....	До 1000	1000... 1600	1600... 2500

Если  $S_{уд} > 0,4$  кВ · А/м<sup>2</sup>, то независимо от требований надежности электроснабжения целесообразно применять двухтрансформаторные подстанции. Выражение (4.3) не означает, что если сначала целесообразна установка



трансформаторов 1000 кВ • А, то через пять лет они заменятся на большие при росте нагрузок. Обычно осуществляют дополнительную установку трансформаторов, стараясь сохранить их тип и мощность. Трансформаторы мощностью 630 кВ А и менее рекомендуется применять для питания вспомогательных цехов и участков крупных предприятий.

Увеличение количества малых предприятий; дробление крупных и средних предприятий; диверсификация производства, включающая в себя вариофикационные находки; промышленное освоение пригородов и отдаленных территорий; строительство офисных и общественных зданий и коттеджных поселков меняют подход к выбору трансформаторов. Их выбирают в соответствии с интересами инвестора, т.е. исходя из индивидуальных требований. Возникают ТП от 25 кВ А. Чаще сооружаются однотрансформаторные ТП (второй трансформатор не обеспечивает надежность, требуемую инвестором) и устанавливается независимый генерируемый источник электроэнергии, обеспечивающий заданный минимум электропотребления. Мощность Snom определяется с учетом перспективы на срок службы трансформатора для стационарных (долговременных) объектов и 100%й загрузкой для недолговечных (типа ларька).

### **Экономический ущерб**

**Электроэнергетический ущерб** - это потери в денежной форме из-за снижения продуктивности или повреждения электротехнических устройств и электрооборудования, несогласованность работы системы энергоснабжения и предприятия, а также другие расходы, связанные с перерывами в электроснабжении и ухудшением качества электрической энергии.

*Для энергоснабжающих компаний* электроэнергетический ущерб может быть обусловлен расторжением контрактов на электроснабжение; штрафными санкциями вследствие перерывов в электроснабжении; затратами на аварийный ремонт (восстановление) оборудования или потерями, связанными с его недоамортизации при досрочной ликвидации; дополнительными потерями электроэнергии в сети вследствие отклонения электрического режима оптимального; стоимостью топлива, расходуемого на пуск энергоблоков, разжигание котлоагрегатов и поддержку горения в топках при аварийном разгрузки или остановок агрегатов электростанций; затратами на демонтаж и транспортировку оборудования при отправке на ремонт; дополнительными затратами на выработку электроэнергии на агрегатах, замещающих основные; расходами на содержание резервного оборудования; потерями, связанными с простоями оборудования и вынужденными перерывами в работе обслуживающего персонала; недополучением прибыли из недоотпуск электроэнергии потребителям при отключении с предупреждением при

прохождении максимума нагрузки; внезапным отключением потребителей и Недоотпуск электроэнергии за время восстановления электроснабжения.

*Для конкретного предприятия-потребителя* величина ущерба будет определяться потерей данным предприятием части прибыли, браком продукции, замораживанием основных и оборотных фондов, перерасходом средств, связанных с управленческой и контролирующей звеньями производства.

*Для коммунально-бытового потребителя* негативные последствия ущерба иметь социально-экономический характер и заключаться в ухудшении условий труда, снижении уровня жилищно-бытовой обеспеченности населения, увеличении случаев заболеваемости, неполном удовлетворении эмоциональных и интеллектуальных запросов населения, уменьшении активного фонда свободного времени и снижении качества его использования на пр.

*Для регионального хозяйства и национальной экономики* ущерб может выражаться утраченной частью прибавочного продукта, перерасходом средств на оплату труда управленческого аппарата, выделением средств на создание дополнительного резерва, отвлечением определенных экономических ресурсов из других отраслей.

Таким образом, ущерб конкретного потребителя определяется прямыми потерями и нереализованными возможностями потребителя в процессе его функционирования. Согласно ущербу национальной (региональной) экономики - это неиспользованная возможность увеличения национального дохода и морально социальные потери общества.

В общем ущерб можно классифицировать по ряду признаков:

- *По объекту* является ктamy :

- жизни и здоровью конкретных людей (снижение продолжительности жизни, ухудшение здоровья);

- юридическим лицам (убыток самой энергосистеме, потребителю, смежным звеньям)

- государству или региона;

- окружающей среде;

- *По ресурсным потерям* :

- от простоя и снижения уровня производительности человеческого капитала;

- от непроизводительного расхода или перерасхода предметов труда;

- от простоя или ускоренного износа средств труда;

- от потери готовой продукции;

- от потери холостого времени населением;

- *По уровню потерь* (степени влияния на жизнедеятельность субъектов хозяйствования):

- допустимый, не превышает расчетной прибыли от предпринимательской операции;

- критическое, что превышает расчетную предпринимательскую прибыль;

- катастрофический, что превышает денежные возможности предпринимателя, существенно ухудшая его имущественное положение. Этот ущерб может привести к банкротству предприятия;

- *По роду потерь:*

- материальный ущерб, связанный с прямыми потерями имущества, продукции, сырья и материалов;

- трудовой ущерб, обусловленный потерей рабочего времени;

- финансовый ущерб, связанный с потерями субъектами хозяйствования денежных средств;

- потеря времени, возникает в случае, когда процесс деятельности происходит медленнее, чем планировалось;

- моральный (репутационный) вред, связанный с нанесением ущерба имиджу предприятия, чести и достоинства человека;

- социальный ущерб, проявляется в нанесении ущерба здоровью и жизни людей;

- экологический ущерб, который заключается в нанесении ущерба окружающей среде;

- *По природе возникновения перерыва в электроснабжении:*

- ущерб, вызванный плановым отключением потребителей;

- ущерб, вызванный неплановым отключением потребителей (различные виды аварий и инцидентов)

- *По причине убытков от перерыва в электроснабжении:*

- ущерб, вызванный отказом оборудования;

- ущерб, вызванный ошибкой персонала;

- ущерб, вызванный действиями третьих лиц (терроризм, саботаж, диверсии и т.п.);

- ущерб, вызванный стихийными бедствиями;

- ущерб, вызванный пожарами;

- *За калькулирования:*

- калькулируемые - ущерб, величина которого подвергается количественно-вероятностному измерению, дает возможность для его снижения и страхования;

- скалькульований - ущерб, величина которого не поддается количественно-вероятностному измерению;

- *По возможности страхования:*

- ущерб, который можно застраховать;

- страховой ущерб, застраховать нельзя.

## Технико-экономический анализ надёжности

Недоотпуск электроэнергии объясняется перерывами и ограничениями в электропотреблении. Размер убытков определяет надёжность схемы электрической сети.

Исходные данные для анализа надёжности схем электрической сети:

- показатели надёжности и плановых ремонтов её элементов;
- характеристики нагрузки и источников питания;
- расчётная схема сети.

При анализе учитываются следующие показатели надёжности и плановых ремонтов:

- $T_B$  – время вынужденного простоя (восстановление, средняя продолжительность аварийного ремонта, год/отказ);
- $w_B$  – параметр потока вынужденных отказов (средняя частота отказа), отказ/год;
- $K_B = w_B T_B$  – коэффициент вынужденного простоя (коэффициент восстановления);
- $w_n$  – средняя частота плановых ремонтов, простой/год;
- $T_n$  – средняя длительность планового ремонта (простоя), год/простой;
- $K_n = w_n T_n$  – коэффициент планового простоя.

К характеристикам источников питания относятся:

установленная мощность электростанции; резерв мощности ЭС, который может быть передан в сеть через районную подстанцию. Как было отмечено, недоотпуск электроэнергии возникает при ограничениях и перерывах ( $e=1$ ) в электропотреблении потребителей. Со всех видов ограничения потребления будем учитывать только ограничения при разделе источников питания. Этот вид ограничений – наиболее типичен для разрабатываемых в проекте простой структуры схем сети, запитанных от двух источников.

Перерывы электроснабжения. Рассматривается каждый потребитель по формуле:

$$Y_i = Y_{ei} + Y_{ni}, \quad (9.1)$$

где  $Y_{ei}$  – ущерб потребителей от простоя в результате аварии,

$Y_{ni}$  – ущерб от простоя при плановых ремонтах.

При полном ограничении питания потребителей имеем:

$$Y_i = P_{\max}(a_{e=1} K_{ei} + b_{e=1} K_{ni}), \quad (9.2)$$

где  $K_{ei}$  – коэф. вынужденного простоя,  $K_{ei} = w_B T_B$

$K_{ni}$  – коэф. планового простоя,  $K_{ni} = w_n T_n$

$P_{\max}$  – максимум нагрузки  $i$ -го потребителя.

В случае частичного ограничения питания потребителей ущерб составит величину:

$$Y_i = P_{max}(ae_e K_{ei} + be_n K_{ni}), \quad (9.3)$$

$$e_v = P_{вотк} / P_{max}; \quad e_n = P_{п.отк} / P_{max};$$

a - удельный ущерб от аварийных отключений питания потребителя;

b - удельный ущерб от плановых отключений питания;

$P_{в.отк}$ ,  $P_{п.отк}$  - отключаемая часть нагрузки на время восстановления аварийных повреждений или плановых ремонтах сети.

Ущерб от недоотпуска электроэнергии по сети равняется сумме ущербов всех "n" потребителей.

Показатели надёжности  $K_{vi}$ ,  $K_{ni}$  рассчитываются на основе преобразования расчётной схемы надёжности i-го потребителя. В схеме надёжности каждая линия отображается блоком и задаётся показателями  $T_v$ ,  $K_n$ ,  $w_n$ . Учитываются только те линии, которые связывают данный потребитель с источниками питания. Источники питания считаются бесконечной мощности и закорачиваются в одном узле.

Двухцепные линии 35-220 кВ замещаются тремя блоками. Два параллельных блока учитывают отказы отдельных линий и задаются показателями  $T_v'$ ,  $T_n$ ,  $w_v'$ ,  $w_n$ . Последовательный блок учитывает одновременно отказ двух линий и задаётся показателями  $w_v''$ ,  $T_v''$

Преобразования (упрощения) расчётных схем выполняются на основе эквивалентирования (расчёта эквивалентных показателей надёжности) последовательно и параллельно соединяемых блоков. Процесс преобразований схемы сводится к получению результирующего блока, показатели надёжности и плановых ремонтов которого совпадают с показателями надёжности электроснабжения потребителя, для которого составлялась схема. Эти показатели используются для определения ущербов по формуле. Параллельно соединённые элементы сети обеспечивают высокую степень надёжности и в ряде случаев могут не учитывать при определении ущерба от недоотпуска энергии.

Оптимальность технического решения, выбранного при проектировании и эксплуатации системы электроснабжения означает, что заданный производственный эффект (располагаемая мощность, отпускаемая энергия, уровень надёжности и качества) получается с минимальными возможными затратами материальных и трудовых ресурсов.

При определении оптимального варианта из некоторого числа возможных, обеспечивающих выполнение технического задания, необходимо вычислить приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию энергетического объекта.

В зависимости от длительности сооружения и условий поочередного ввода приведенные затраты исчисляются по-разному.

Если строительство и пуск в эксплуатацию осуществляются в течение года, то

$$Z = E_n K + I, \quad (9.4)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений  $K$ , в энергетике  $E_n = 0,12$ ;

$I$  – издержки эксплуатации.

Если объект строится на протяжении  $T$  лет, то

$$Z = \sum_{t=1}^T E_n K_t (1 + E_{n,n})^{T-t} + I, \quad (9.5)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент приведения разновременных затрат, определяемый финансовой политикой государства для каждой отрасли народного хозяйства (в энергетике  $E_{n,n} = 0,08$ );

$K_t$  – капиталовложения в  $t$ -м году;

$T$  – год приведения затрат, который может быть любым, но одним и тем же для всех сравниваемых вариантов (чаще всего приводят затраты к первому году окончания строительства и даже более позднему сроку).

Если в период многолетнего строительства частично эксплуатируются вновь созданные основные фонды, а это происходит при развитии энергосистем и объединений, то

$$Z = \sum_{t=1}^T (E_n K_t + \delta I_t + \delta Y_t) (1 + E_{n,n})^{T-t} \quad (9.6)$$

где  $\delta I_t$  – приращение издержек в году  $t$  по сравнению с годом  $t-1$ .

Оптимальным вариантом считается тот, у которого приведенные затраты, определяемые по формулам (9.4)...(9.6), минимальны.

Сравниваемые варианты по ряду причин обладают неодинаковой степенью надежности. Несоблюдение условия одинаковой надежности или качества в сравниваемых вариантах приводит к нарушению основного требования – равенства производственного и народнохозяйственного эффекта.

При сравнении вариантов с неодинаковой надежностью требуется вводить в расчётные формулы члены, учитывающие возможный народнохозяйственный ущерб от отказов оборудования и установок, или члены, учитывающие затраты на повышение надежности до нормативного уровня.

Затраты, обусловленные аварийным (и запланированным) перерывом электроснабжения, можно рассматривать как средние дополнительные помимо основных затрат на сооружение объекта и его нормальную эксплуатацию. Расчётные формулы (9.4)...(9.6) примут вид:

$$Z = E_n K + I + Y; \quad (9.7)$$

$$Z = \sum_{t=1}^T E_n K_t (1 + E_{n,n})^{T-t} + I + Y; \quad (9.8)$$

$$Z = \sum_{t=1}^T (E_n K_t + \delta I_t + \delta Y_t) \cdot (1 + E_{n,n})^{T-t} \quad (9.9)$$

где  $Y$  и  $\delta Y_t$  – средний годовой народнохозяйственный ущерб на стадии нормальной эксплуатации и приращение ущерба в  $t$ -м году;

$$\delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}; \quad \delta I_t = I_t - I_{t-1}.$$

Средний ущерб можно рассчитать по формулам, в которых используется удельная оценка ущерба. Оценка удельного ущерба получается в результате обработки фактических данных о последствиях большого числа аварий, экономический ущерб от которых определяется.

Экономический ущерб является лишь частью народно-хозяйственного ущерба, который может иметь еще социальные и экологические составляющие, не оцениваемые в денежном выражении. Экономический ущерб складывается из ущерба потребителей и ущерба (потери и затраты) энергоснабжающей организации. Причины экономического ущерба: простой, недоиспользование, непроизводительный расход или уничтожение ресурсов, снижение качества продукции, перерасход элементов производства. Экономический ущерб подразделяется на основной, дополнительный, прямой и косвенный.

Составляющие экономического ущерба:

- затраты на аварийный ремонт (восстановление) оборудования или потери, связанные с его недоамортизацией из-за досрочной ликвидации;
- стоимость дополнительных потерь электроэнергии в сети из-за отклонения электрического режима от оптимального;
- стоимость топлива, расходуемого на пуск энергоблоков, растопку котлоагрегатов и поддержание горения в топках во время аварийной разгрузки или останова агрегатов электростанций;
- затраты на демонтаж и транспортировку оборудования при отправке на ремонтный завод или завод изготовитель;
- дополнительные затраты на выработку электроэнергии на замещающих агрегатах;
- затраты на содержание резервного оборудования;
- потери, связанные с простоем оборудования и обслуживающего персонала, при аварийном отключении потребителей;
- ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям при отключении с предупреждением во время прохождения максимума;
- ущерб от внезапного отключения потребителей и недоотпуска энергии за время восстановления электроснабжения.

Оценки удельного ущерба  $y_n$  (в сумах на перерыв электроснабжения) и  $y_ч$  (в сумах на час перерыва), полученные на основе оценок фактического

экономического ущерба, позволяют рассчитать народнохозяйственный ущерб при проектировании систем электроснабжения:

$$Y = \sum_{r=1}^{N_r} \sum_{i=1}^{N_i} \Lambda(i, r) [y_n] (1) + 8760 y_{\text{ч}}(1) \tau(\mathbf{l}, \mathbf{r}), \quad (9.10)$$

где  $\tau(\mathbf{l}, \mathbf{R})$  - среднее время восстановления питания 1-го потребителя при R-й аварии;

$N_1$  - число потребителей;

$\Lambda(\mathbf{l}, \mathbf{R})$  - частота аварий с погашением 1-го потребителя.

При рассмотрении установок системы электроснабжения народнохозяйственный ущерб определяется с помощью оценки удельного ущерба  $Y_R(\Delta W)$  от недоотпуска энергии и прироста приведенных затрат  $\Delta C_p$  на 1 кВт.ч энергии, выработанной на резервных станциях:

$$Y_{R=1} = \sum_{R=1}^N [y_K(\Delta W) \Delta W_{\text{ср}} + \Delta C_p(\Delta W_{\text{ср}})], \quad (9.11)$$

где  $\Delta W_{\text{ср}}$  - недоотпуск энергии в системе и снижение выработки энергии станцией.

Похожие оценки величины  $Y_R(\Delta W)$  получаются по формулам. При плановом ограничении потребителей в часы максимума нагрузки:

$$Y_R(\Delta W) = 0,1;$$

при кратковременном отключении с предупреждением, а также при снижении частоты без отключения

$$Y_R(\Delta W) = 0,3;$$

при внезапном автоматическом отключении от частотных устройств противоаварийной автоматики

$$Y_R(\Delta W) = 0,5 + 5 \Delta P^*,$$

где  $\Delta P^*$  - отношение аварийного снижения нагрузки потребителей к номинальной мощности нагрузки энергосистемы;

при внезапном автоматическом отключении для предотвращения нарушений устойчивости

$$Y_R(\Delta W) = 1 + 10 \Delta P^*.$$

### ***Контрольные вопросы:***

1. Какие виды есть короткого замыкания?
2. Принцип работы реле тока?
3. Что собой представляет реле промежуточный?
4. Какие виды изоляции применяются в трансформаторе?



## ЛЕКЦИЯ № 9

### СРЕДСТВА СНАБЖЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

#### ПЛАН:

1. Совершенствования конструкций и материалов.
2. Защиты и автоматизации.
3. Основной метод повышения

Мощность, перспективы развития, назначение электроустановки и прочие факторы влияют на определение степени надежности электроснабжения. Способность системы электроснабжения и ее элементов выполнять поставленные задачи по обеспечению электрической энергией предприятий, бытовых потребителей, не приводящие к срыву плана производства, обесточиванию целых жилых кварталов городов и сел, а также не приводящие к авариям в технологических и электрических частях промышленных предприятий – это все характеризует надежность электроснабжения. Также она может быть охарактеризована ущербом, нанесенным при перерыве электропитания, продолжительностью ремонта, временем безотказной работы и другими факторами.

#### **Основные факторы влияющие на надежность систем электроснабжения**

Число отказов от нормальной работы в год определяет степень повреждаемости системы. Повреждаемость состоит из повреждаемости оборудования (электрические машины и аппараты, кабели, трансформаторы, бытовые устройства и системы), возникающей из-за ошибок обслуживающего персонала, нарушения правил эксплуатации устройств, наличие агрессивных сред на производстве, ошибок при проектировании и монтаже. При проведении расчетов надежности проектируемого объекта обязательно учитываются два ключевых фактора: безотказность системы и ее ремонтпригодность.

Непрерывная безотказная работа в течении какого-то промежутка времени при нормальных условиях эксплуатации называют безотказностью. Примером может послужить интенсивность отказов для установки, вероятность безотказной работы, но этот пример для не ремонтируемых устройств или заменяющихся после первого отказа. А наработка на отказ, количество отказов – это для ремонтируемых устройств. Среднее время безотказной работы за какой-то промежуток времени – это наработка на отказ.

Предупреждение, обнаружение и своевременное устранение неисправностей путем проведения технических обслуживаний и ремонтов – это ремонтпригодность. Примером ремонтпригодности может послужить среднее время восстановления, вероятность проведения ремонта в указанные сроки.

Режим работы, при котором возможно исчезновение напряжения питания (ввод резервного питания) не приводящие к расстройству технологических циклов и процессов, не приводят к значительному ущербу и возникновению опасности аварийных ситуаций называют бесперебойным питанием.

### **Обеспечение надежной работы электроприемников**

Для обеспечения надежной работы ответственных потребителей электрической энергии при нормальных и послеаварийных режимах необходимо:

- Максимально уменьшить число и продолжительность перерывов в электроснабжении;
- Качество электроэнергии должно быть удовлетворительным, для обеспечения устойчивой работы ответственных агрегатов если режим электроснабжения нарушен;

Надежность систем электроснабжения, в первую очередь, определяется конструктивными и схемными решениями при построении данных систем. Также не последнюю роль в повышении надежности систем электроснабжения играет разумное использования резервных источников питания, надежность работы каждого элемента систем, в частности электрооборудования. К сожалению именно надежность электрооборудования является ключевым фактором при возникновении чрезвычайных происшествий. Эти факторы, к сожалению, в минимальной степени зависят от проектировщика. Наиболее оптимальное решение не может быть принято без хорошего знания и учета всех особенностей проектируемых предприятий.

### **Сравнение влияния перерывов в электроснабжении на производственный цикл промышленных предприятий**

Как известно каждое производство имеет свои особенности технологических процессов. Брак продукции, порча электрооборудования, возникновения ситуаций угрожающих жизни и здоровью людей – это все возникает при перерыве в электроснабжении. Причем время перерыва может составлять до 30 минут на одних предприятиях, а на других 2-3 часа и более. Также отличие есть и во времени, необходимом для восстановления нормального производственного цикла после перерыва питания электроэнергией. Это время может колебаться от 5 минут до 2 часов, а иногда и более.

Надёжность (как свойство технического объекта выполнять заданные функции в заданном объёме при определённых условиях) зависит от большого количества факторов случайного и неслучайного характера. Средства и методы изменения количественных характеристик этого свойства систем электроснабжения отличаются многообразием. На практике, особенно при эксплуатации электрических сетей как технических систем обычно ставится задача изменения показателей надёжности в сторону повышения её уровня.

Основной метод повышения надёжности электрических сетей и систем электроснабжения – выявление наиболее ненадёжных («узких») частей системы передачи и распределения электроэнергии и изменение уровня надёжности в результате введения различных форм избыточности:

- Резервирования.
- Совершенствования конструкций и материалов.
- Квалифицированное и своевременное проведение ремонтов электрооборудования.
- Техническое обслуживание.
- Контроля и управления процессами
- Защиты и автоматизации.
- Установки компенсирующих и регулирующих устройств, повышающих качество напряжения и т.п.

Повышение надёжности систем электроснабжения и распределительных сетей направлено на создание:

- рациональных схем электрических соединений (схем распределительных устройств подстанций и электростанций);
- оптимальное насыщение сети автоматическими устройствами и устройствами АВР;
- насыщение сети неавтоматическими коммутационными аппаратами;
- установки регулирующих и компенсирующих реактивную мощность устройств у потребителей, препятствующих снижению напряжения в послеаварийных состояниях;
- оборудования подстанций устройствами телеизмерения и телемеханизации;
- автоматизации на базе ЭВМ оперативных переключений в сложных сетях;
- совершенствование релейной защиты и автоматики (уменьшение зон нечувствительности);
- увеличение логических возможностей автоматики и релейной защиты в результате использования микропроцессорной техники и т.д.

В воздушных и кабельных сетях повышают надёжность следующими средствами:

- введение устройств поиска повреждений;
- сокращение продолжительности аварийных ремонтов;
- внедрение ремонтов под напряжением;
- обеспечением ремонтных баз запасными частями электроустановок и транспортом;
- оптимизацией профилактических ремонтов, осмотров, замен износившихся частей;
- автоматизацией установок, компенсирующих токи однофазных замыканий в сетях с изолированной нейтралью (6-35 кВ).

Все мероприятия и средства повышения надёжности в системах электроснабжения, за исключением совершенствования релейной защиты и автоматики, требуют значительных материальных и трудовых затрат. Поэтому, большое значение имеет совершенствование схем систем электроснабжения, распределительных сетей и распределительных устройств подстанций.

При создании рациональных и надёжных схем сетей систем электроснабжения следует стремиться по возможности к сокращению числа трансформаций электроэнергии, распределению функций отказавшего элемента не на один, а на несколько элементов, в том числе и частично на сети более низких напряжений, снижению чрезмерного насыщения сетей автоматической коммутационной аппаратурой, так как сами аппараты могут быть источником аварий.

Вопросы обеспечения надёжности электроснабжения промышленных потребителей необходимо рассматривать в комплексе с технологической схемой производства, учитывая при этом возможности технологического резервирования и технологической взаимосвязи снабжаемых электроэнергией потребителей. При этом необходимо предусматривать самозапуск всех ответственных электродвигателей после коммутационных изменений в сети. По возможности следует избегать прокладки нескольких кабельных линий по одной трассе и сооружения нескольких воздушных линий на одной опоре.

Возможны два подхода к выбору средств и проведению мероприятий изменения уровня надёжности:

1. Ранжирование всех намечаемых мероприятий в соответствии со значениями затрат по уравнению (9.7) и отбор только тех из них, которые удовлетворяют условию минимума целевой функции. Так как перечисленные средства повышения надёжности обычно применяют комплексно, то существует многообразие вариантов их реализации, поэтому однозначное выполнение

условия (9.7), в особенности для систем электроснабжения сложных конфигураций с сетями разных номинальных напряжений, представляет собой сложную научно-техническую задачу, требующую для решения применения методов многокритериальной (векторной) оптимизации.

В практических расчетах обычно намечаются альтернативные варианты схем систем электроснабжения с различной степенью резервирования потребителей и выбирается вариант, соответствующий минимуму приведенных затрат с учетом ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям.

Этот прием обычно применяется при проектировании систем электроснабжения.

2. Отбор и ранжирование только тех мероприятий повышения надежности, затраты на которые увеличивают затраты базового варианта не более чем на некоторую относительно малую величину  $\delta Z$  (например, не более чем на 5%). В этом подходе также не исключается применение комплекса мероприятий, поэтому число вариантов может быть велико, но задача решается несколько проще по сравнению с первым подходом. Меняя значение  $\delta Z$ , можно создавать схемы систем электроснабжения, обеспечивающие заданный уровень надежности электроснабжения. Этот подход целесообразен при эксплуатации систем электроснабжения.

Как первый, так и второй подход в качестве неотъемлемой составной части алгоритма принятия решений предусматривает необходимость количественной оценки показателей надежности из множества вариантов, методы получения которых были изложены ранее.

### ***Контрольные вопросы:***

1. Какого устройство и принцип работы генератора постоянного тока?
2. Какого назначение коллектора?
3. Что такое характеристика холостого хода и как она снимается?
4. Что такое внешняя характеристика и как она снимается?
5. Что такое регулировочная характеристика и как она снимается?

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

по предмету

## НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Надежность электрических станций, энергосистем и объектов» рассматривает общие вопросы надежности электрических станций (ЭС) и электроэнергетических систем (ЭЭС). Проблема надежности электростанций и их элементов, надежности ЭЭС связана с вопросами определения и оптимизации показателей надежности объектов на стадиях проектирования, сооружения и эксплуатации.

Основная цель дисциплины – изложение основ теории надежности и методов их практического применения для расчета надежности схем электрических соединений электростанций и энергосистем.

Решение основных задач надежности электро-энергетических систем предусматривает достижение оптимального соотношения между затратами на производство, передачу и распределение электрической энергии и технико – экономическими последствиями от недоотпуска электроэнергии. Это предполагает, прежде всего, достоверное прогнозирование, расчет и анализ показателей надежности электрических станций, электрических систем и узлов электропотребления.

Задача настоящего курса – на основе современных достижений науки и практики дать ответ на три главных вопроса:

- Что понимается под надежностью?
- Какими должны быть надежная ЭЭС, надежное электроснабжение?
- Как обеспечить надежность функционирования электрических станций и ЭЭС?

## ЗАДАЧА № 1

### Определение показателей надёжности элементов систем электроснабжения

#### Расчет безотказности трансформаторных подстанций

Трансформаторные подстанции служат для выполнения следующих рабочих функций:

- 1) электроснабжение присоединенных потребителей;
- 2) транзита мощности по проходящим через подстанцию линиям;
- 3) связи между сетями различных напряжений;
- 4) выполнения режимных функций по регулированию напряжения и реактивной мощности.

Одной из количественных оценок технической надежности подстанция является вероятность безотказного выполнения указанных функций  $R(t)$ .

Безотказность  $R(t)$  определяется для каждой конкретной схемы подстанции на основе логических связей между факторами отказов отдельных элементов.  $R(t)$  зависит не только от параметров потоков отказов элементов, но и от количества резервных элементов и надежности работы выключателей. В качестве элементов главных схем подстанций рассматриваются трансформаторы, воздушные и кабельные линии, воздушные и масляные выключатели, короткозамкватели, разъединители, отделители и сборные шины.

В соответствии с определением понятия безотказности и заданными рабочими функциями главной схемы подстанций можно дать следующие определения отказов для элементов.

**Выключатели.** Отказом выключателя является всякое невыполнение им оперативных, защитных и противоаварийных функций, а также другие повреждения, требующие немедленного вывода его в ремонт:

1. КЗ в ячейке выключателя при оперативных переключениях и во включенном состоянии, не отключаемое этим выключателем.
2. отказ в отключении тока КЗ на присоединении, в том числе с КЗ в ячейке.
3. отказ при автоматическом включении выключателя без КЗ в ячейке.
4. Разрушение выключателя при отключении КЗ на присоединении без КЗ в ячейке.
5. отказы при оперативных переключениях без КЗ в ячейке и другие дефекты, требующие вывода выключателя в ремонт.

**Отделители.** Отказом отделителя является всякое случайное электрическое и механическое повреждение, приводящее к КЗ, а также отказ в отключении в безтоковую фазу.



**Короткозамыкатели.** Отказом является КЗ из-за самопроизвольного или ложного включения.

**Разъединители.** Отказом разъединителя является всякое случайное электрическое и механическое повреждение, приводящее к КЗ, в том числе:

1. КЗ из-за ошибок персонала (включение на не снятое заземление, отключение рабочего тока);
2. повреждения изоляции и механические повреждения, вызывающие КЗ.

**Трансформаторы.** Отказами трансформатора являются:

1. отключения, вызванные повреждениями обмоток, переключателей, перекрытиями проводов и повреждениями регулировочных устройств.
2. отключения, вызванные повреждениями смежных элементов.
3. отключения, вызванные ложными действиями защиты и ошибками персонала.

**Сборные шины.** Отказами сборных шин являются:

1. обесточение из-за ошибок персонала (включение на короткую, ошибочное отключение и др.)
2. обесточение из-за электрических и механических повреждений изоляции, ошиновки и разрядников, приводящих к КЗ на шинах.
3. обесточение из-за ложного действия защиты шин.

*Таблица -1*

**Параметры потока ( $\omega$ ) отказов элементов подстанции 110-220 кВ.**

Наименование элемента	Обозначение	Напряжение, кВ	
		110	220
<b>Выключатель</b>	$\omega_{В.М}$	0,015	0,05
<b>масляный</b>	$\omega_{В.В}$	0,100	0,30
<b>Выключатель</b>	$\omega_{О}$	0,017	0,017
<b>воздушный</b>	$\omega_{К}$	0,013	0,013
<b>Отделитель</b>	$\omega_{Р}$	0,0001	0,0001
<b>Короткозамыкатель</b>	$\omega_{Т}$	0,0046	0,017
<b>Разъединитель</b>	$\omega_{Ш}$	0,01	0,04
<b>Трансформатор</b>			
<b>Шины</b>			

Средние значения параметров потока отказов рассмотренных элементов подстанций, полученные на основе статических данных энергосистем, приведены в таблице-1.

На рисунке-1 приведены схемы подстанции с двумя трансформаторами и двумя линиями 110-220 кВ: схема мостика на отделителях (а) и схема мостика с выключателем (б).

Рассмотрим следующие варианты:

1. мостик на отделениях линии 110-220 кВ.
2. мостик с воздушным выключателем линии 110-220 кВ.
3. мостик с масляным выключателем линии 110-220 кВ.

Оценим вероятность безотказной работы подстанции в каждом из вариантов при условии, что отказом главной схемы двухтрансформаторной подстанции является одновременное отключение двух трансформаторов.

Рассмотрим события, приводящие к такому отказу для рассмотренных выше вариантов. Будем считать невозможным появление отказов двух линий и двух трансформаторов в один и тот же момент времени. Тогда отключение второго трансформатора наступит лишь после выхода линии или одного трансформатора из работы.

По данным А.К. Дарманчева (Л. 14), длительность нахождения одного из двух трансформаторов в отключенном состоянии для планового и аварийного ремонта составляет  $t'=0.005$  года, а относительная длительность нахождения одной из двух линий в плановом и аварийном ремонте  $t''=0,01$  года. Указанные значения  $t'$  и  $t''$  будут, являются расчетными временами для определения вероятности безотказности работы, соответствующей календарному периоду  $t$ , равному одному году.

За время  $t'$  (включенная одна линия и один трансформатор, вторая линия в резерве) следующие события приводят к отключению последнего трансформатора.

1-й вариант

- $j=1$ . Повреждение трансформатора.
- $j=2$ . КЗ на короткозамкатель.
- $j=3$ . Отказ отделителя.
- $j=4$ . КЗ на линейном разъединителе.

2-й и 3-й варианты

- $j=1$ . Повреждение трансформатора.
- $j=2$ . КЗ на одном из трех разъединителей.

За время  $t''$  (одна линия отключена) следующие события  $j$  приводят к отключению двух трансформаторов.

1-й вариант

j=1. Повреждение любого из двух трансформаторов.

j=2. КЗ на любом из двух короткозамыкателей.

j=3. КЗ на любом из двух отделителей.

j=4. КЗ на любом из трех разъединителей.

2-й и 3-й варианты

j=1. Повреждение одного трансформатора, до этого работавшего в блоке с отключенной линией.

j=2. КЗ на любом из пяти разъединителей.

j=3. КЗ в ячейке выключателя в перемычке.

Вероятность безотказной работы, заключающейся в отсутствии указанных событий в течении  $t$ , определяется по формуле:

$$R(t) = \exp [ -(t' \sum \omega'j + t'' \sum \omega''j) ],$$

Для  $t$ , равному 1 году,

$$R(1) = \exp [ -(0,005 \sum \omega'j + 0,01 \sum \omega''j) ],$$

Где  $\omega'j$  и  $\omega''j$  – параметры потоков событий j-го вида,  $k'$ ,  $k''$  - числа видов событий за время  $t'$  и  $t''$ .

Параметры потоков  $\omega_j$  можно определить по таблице-1. Расчет  $R(t)$  для рассматриваемых вариантов выполнен в таблице-2.

Таблица-2

Расчет безотказности подстанции

j	Выражения для $\omega_j$ через $\omega_i$	110кВ	220кВ
	1-Вариант		
1	$\omega_o$ при $t'$	0,0046	0,0170
2		0,0130	0,0130
3		0,0170	0,0170
4		0,0001	0,0001
1	$2\omega_o$ при $t''$	0,0092	0,0340
2		0,0260	0,0260
3		0,0340	0,0340
4		0,0003	0,0003
	$0,005 \sum \omega'j + 0,01 \sum \omega''j$	0,0009	0,0011
	R(1)	0,9991	0,9989

<b>2-Вариант (воздушные выключатели)</b>				
1	при $t'$	$\left. \begin{array}{l} \omega_T \\ 3\omega_p \end{array} \right\}$	0,0046	0,0170
2			0,0003	0,0003
1	при $t''$	$\left. \begin{array}{l} \omega_T \\ 5\omega_p \end{array} \right\}$	0,0046	0,0170
2			0,0005	0,0005
3			0,1000	0,3000
			0,0010	0,0032
	$\omega_{в.в}$		0,9990	0,9968
	$0,005\sum\omega'j + 0,01\sum\omega''j$			
	R(1)			
<b>3-Вариант(масляные выключатели)</b>				
1	при $t'$	$\left. \begin{array}{l} \omega_T \\ 3\omega_p \end{array} \right\}$	0,0046	0,0170
2			0,0003	0,0003
1	при $t''$	$\left. \begin{array}{l} \omega_T \\ 5\omega_p \end{array} \right\}$	0,0046	0,0170
2			0,0005	0,0005
3			0,0150	0,0500
			0,0002	0,0008
	$\omega_{в.м}$		0,9998	0,9992
	$0,005\sum\omega'j + 0,01\sum\omega''j$			
	R(1)			

110-220 кВ

110-220 кВ

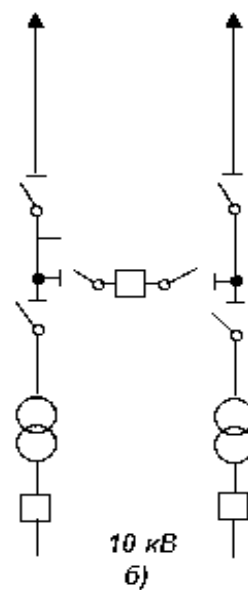
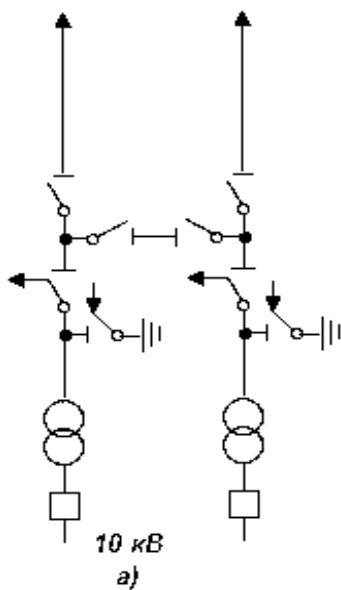


Рис .5-1. Варианты тупиковой двух трансформаторной подстанции.

Сравнивая значения  $R(t)$ , полученные для различных вариантов можно заключить, что для 110 и для 220 кВ наименее надежным будет вариант с воздушным выключателем.

Для 220кВ одинаково надежными являются варианты с масляным выключателем и с отделителями и короткозамыкателями. Для 110кВ вариант с короткозамыкателями и отделителями является менее надежным. Для окончательного выбора схемы подстанции выполненных расчетов недостаточно, так как в сравниваемых схемах неодинаковы длительность аварийных перерывов электроснабжения и, следовательно, неодинакова величина народнохозяйственного ущерба.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как устроен однофазный трансформатор и какой принцип его действия?
2. Что такое коэффициент трансформации трансформатора и как его определить?
3. Какие отказы возникают в трансформаторе при его работе?
4. Как выполняется опыт холостого хода трансформатора и какие величины определяются из этого опыта?
5. Как выполняется опыт короткого и замыкания в подстанции и какие величины при этом определяются?
6. Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора?

## ЗАДАЧА № 2,3

### Расчет надёжности при последовательном соединении элементов

Рассмотрим на примере двух элементов, соединенных последовательно и образующих общую электрическую цепь, математическую модель состояния этой цепи (рис.3-1). Для этой цепи можно написать:

$$(p_1 + q_1)(p_2 + q_2) = p_1p_2 + p_1q_2 + p_2q_1 + q_1q_2 = 1 \quad (3-15)$$

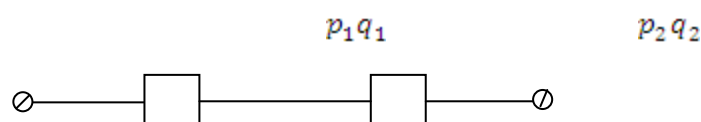
Из (3-15) следует:

$$q = 1 - p_1p_2 = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2) \quad (3-16)$$

Практически мало, поэтому можно значениями пренебречь; тогда для последовательных элементов результирующее значение долей года, когда цепь отказывает, будет:

$$q \approx q_1 + q_2 + \dots + q_n \quad (3-17)$$

Рис.3-1. Последовательное соединение двух элементов



Среднее время между отказами или время наработки на отказ для такой цепи равно по (2-6) и (3-3):

$$T_{cp} = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{\sum_1^n \omega_n} = \frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \dots + \frac{1}{T_n}} \quad (3-18)$$

Так, для цепи из двух элементов с

$$T_{cp} = \frac{1}{\frac{1}{T} + \frac{1}{T}} = \frac{T^2}{2T} = \frac{T}{2} \quad (3-19)$$

Т.е. ростом числа элементов время рабочей компании падает. Увеличение рабочей компании в последовательной цепи можно достигнуть лишь повышением качества элементов и их эксплуатации, т.е. путем снижения параметра потока отказов.

### Расчет надёжности при параллельном соединении элементов

Применение параллельных цепей вызывается требованиями повышения надежности (резервирования) или экономической эффективности при больших нагрузках; иногда эти требования совмещаются. Степень выполнения того или иного требования влияет на пропускную способность элементов любой из параллельной цепи, однако пропускная способность в свою очередь влияет на показатели надежности обобщенной параллельной цепи.

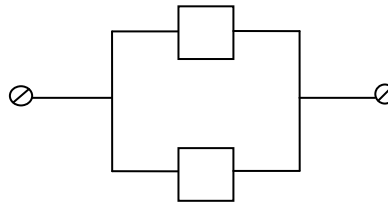


Рис.3-1. Последовательное соединение двух элементов

При пропускной способности  $s=1$  (100%) для двух параллельно соединенных элементов с неизменными параметрами потока отказов вероятность безотказной работы будет равна:

$$R(t) = e^{-\omega_1 t} + e^{-\omega_2 t} - e^{-(\omega_1 + \omega_2)t} \quad (3-20)$$

При  $\omega_1 = \omega_2 = \omega$

$$R(t) = 2e^{-\omega t} + e^{-2\omega t} \quad (3-21)$$

Для трех элементов

$$R(t) = 3e^{-\omega t} - 3e^{-2\omega t} + e^{-3\omega t} \quad (3-22)$$

Это вытекает из следующего (рис.3-2). Для обобщенной цепи из двух параллельных элементов справедливо

$$[R_1(t) + Q_1(t)][R_2(t) + Q_2(t)] = R_1(t)R_2(t) + R_1(t)Q_2(t) + R_2(t)Q_1(t) + Q_1(t)Q_2(t) \quad (3-23)$$

При пропускной способности  $s=1$  первые три члена дают результирующую вероятность безотказной работы обобщенной цепи и последний член выражения (3-23) – одновременный отказ обоих элементов или полный разрыв цепи.

После преобразований можно заметить, что первые три члена выражения (3-23) обращаются в выражение (3-20). Вместо выражений вероятностей безотказной работы или вероятностей отказов можно пользоваться мерами готовности и ненадежности и (3-12).

Для параллельных элементов коэффициент ненадежности как доля времени года, характеризующаяся аварийным состоянием, будет равен:

$$q = q_1 q_2 \cdots q_n = \prod_{i=1}^n q_i \quad (3-24)$$

И готовность

$$p = 1 - \prod_{i=1}^n q_i \quad (3-25)$$

Для упрощения расчетов вероятностей отказов и безотказной работы можно пользоваться аппроксимацией

$$\left. \begin{aligned} R(t) &= e^{-\omega t} = 1 - \omega t + \frac{(\omega t)^2}{2!} - \frac{(\omega t)^3}{3!} + \dots \\ Q(t) &= e^{-\omega t} = \omega t + \frac{(\omega t)^2}{2!} - \frac{(\omega t)^3}{3!} + \dots \end{aligned} \right\} \quad (3-26)$$

Для  $\omega t < 0.01$

$$R(t) \approx 1 - \omega t$$

$$Q(t) \approx \omega t \quad (3-27)$$

Если для последовательного соединения результирующий параметр потока отказов остается постоянным и равным сумме параметров потока отказов отдельных элементов, то для параллельного соединения это свойство уже не сохраняется, и экспоненциальный закон изменения вероятности исправного состояния не распространяется на обобщенную цепь.

Параметр потока отказов цепи из параллельно соединенных элементов является функцией времени работы, хотя среднее время между отказами (наработка на отказ) является постоянной величиной. Это время может быть вычислено по формуле

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (3-28)$$

Для двух элементов средняя наработка на отказ будет равна:

$$T_p = \int_0^{\infty} [e^{-\omega_1 t} + e^{-\omega_2 t} - e^{-(\omega_1 + \omega_2)t}] dt = \frac{1}{\omega_1} + \frac{1}{\omega_2} - \frac{1}{\omega_1 + \omega_2} \quad (3-29)$$

Если  $\omega_1 = \omega_2 = \omega$

$$T_{cp} = \frac{2}{\omega} - \frac{1}{2\omega} = \frac{1}{\omega} + \frac{1}{2\omega} = \frac{3}{2\omega} \quad (3-30)$$

Для трех элементов соответственно будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} Q(t) &= Q_n^3(t) \\ R(t) &= 1 - Q(t) = 1 - Q_n^3(t) = 1 - (1 - e^{-\omega t})^3 = \\ &= 3e^{-\omega t} - 3e^{-2\omega t} + e^{-3\omega t} \end{aligned} \right\} \quad (3-31)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{\omega} + \frac{1}{2\omega} + \frac{1}{3\omega} = \frac{11}{6\omega} \quad (3-32)$$

И, наконец, для  $n$  элементов

$$T_{cp} = \frac{1}{\omega} + \frac{1}{2\omega} + \frac{1}{3\omega} + \dots + \frac{1}{n\omega} \quad (3-33)$$

**Пример.** Рассмотрим два одинаковых элемента, работающих параллельно, каждый с параметром потока отказов  $\omega = 0,0005$  1/ч. Вероятность безотказной работы каждого элемента для 200-часовой работы равна  $R(t) = e^{-0,0005 \cdot 200} = e^{-0,1} = 0,90484$ . Найдём, насколько повысится надёжность при параллельном постоянном подсоединении второго такого же элемента?



Вероятность отказа обоих элементов за это же время

$$Q(t) = Q^2(t) = (1 - 0,900484)^2 = 0,000862$$

Тогда вероятность того, что откажет не более чем один элемент, будет  $R(t) = 1 - 0,000862 = 0,999138$  т.н. надежность повысилась с 90 до 99,9 %.

Средняя наработка на отказ группы из двух параллельных элементов

$$T_{ср} = \frac{3}{2\omega} = \frac{3}{2 \cdot 0,0005} = 3000 \quad \text{в то время как для каждого из элементов}$$

$$T_{ср} = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{0,0005} = 2000 \text{ ч.}$$

Изложенное выше касалось так называемого нагруженного или постоянно включенного резервные элементы несут постоянную нагрузку пропорционально своей пропускной способности.

Но возможно применение ненагруженного резерва, т.е. такого, когда резервный элемент подключается автоматически при отказе рабочего элемента, например с помощью АВР от общей резервной линии. Предполагается, что при этом пропускная способность каждого элемента или цепи  $s=1$ , т.е. полное погашение системы электроснабжение наступает после выпадения последней линии или элемента.

Используя

$$e^{-\omega t} e^{\omega t} = e^{-\omega t} \left( 1 + \omega t + \frac{(\omega t)^2}{2!} + \frac{(\omega t)^3}{3!} + \dots \right) = 1 \quad (3-34)$$

Можно видеть, что величина  $e^{-\omega t} * 1$  представляет вероятность того, что за время  $t$  не произойдет ни одного отказа, величина  $e^{-\omega t} \omega t$  представляет вероятность того, что произойдет один отказ,  $e^{-\omega t} \frac{(\omega t)^2}{2!}$  два отказа и т. д., откуда полная вероятность того, что произойдет один или не произойдет ни одного отказа, будет  $e^{-\omega t} + \omega t e^{-\omega t} = e^{-\omega t} (1 + \omega t)$  вероятность, что произойдет не более двух отказов, равно:

$$e^{-\omega t} + \omega t e^{-\omega t} + \frac{(\omega t)^2}{2!} e^{-\omega t} = e^{-\omega t} \left( 1 + \omega t + \frac{(\omega t)^2}{2!} \right) \quad (3-35)$$

Для многократной резервированной системы (с невключенным резервом) можно написать:

$$R_{\Sigma H}(t) + Q_{\Sigma H}(t) = 1 = e^{-\omega t} + \omega t e^{-\omega t} + \frac{(\omega t)^2}{2!} e^{-\omega t} + \dots \quad (3-36)$$

Если система состоит из одного работающего и второго такого же резервного элемента, то вероятность полного погашения или отказа обоих элементов будет равно:

$$\begin{aligned} Q_{\Sigma H}(t) &= 1 - R_{\Sigma H}(t) = 1 - e^{-\omega t} (1 + \omega t) = 1 - (1 + \omega t) \left( 1 - \omega t + \frac{(\omega t)^2}{2!} - \dots \right) \\ &= -\frac{(\omega t)^3}{3!} - \frac{(\omega t)^4}{4!} + \dots \end{aligned} \quad (3-37)$$

И средняя наработка на отказ системы из двух элементов

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} R_{\Sigma H}(t) dt \int_0^{\infty} (1 - \omega t) e^{-\omega t} dt = \int_0^{\infty} e^{-\omega t} dt + \int_0^{\infty} \omega t e^{-\omega t} dt = \frac{1}{\omega} + \frac{\omega}{\omega^2} = \frac{2}{\omega} \quad (3-38)$$

Как и в случае нагруженного (включенного) резерва, функция надежности не является экспоненциальной.

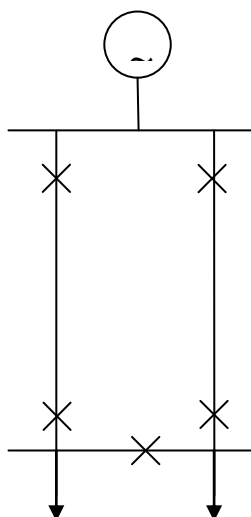
Для случая, когда  $n$  резервных линий резервируют одну линию или элемент:

$$T_{cp} = \frac{n}{\omega} \quad (3-39)$$

Следует иметь в виду, что если устройство АВР не обладает абсолютной надежностью, а это действительно так, то значение вероятности безотказной работы должно быть снижено путем введения поправки на ненадежность устройства АВР (при однократном резерве)

$$R_{\Sigma H}(t) = e^{-\omega t} + R_{ABP} \omega t e^{-\omega t} \quad (3-40)$$

Наконец, рассмотрим резервирование от работающей линии или секции шин с помощью АВР или АПВ в начале резервной линии. По сравнению со случаем, когда питание осуществляется от одной ВЛ, параметр потока отказов при двух цепях (с работающем резервом) возрастает вдвое. На рис.3-3 приведена модель схемы питания потребителей от соседней ВЛ или секции шин, при этом предполагается, что пропускная способность каждой ВЛ не вносит ограничения потребителей. Режимы работы такой схемы можно характеризовать следующими состояниями А осуществляется по линии I (нормальный режим); 1-основное питание нарушено (линия I повреждена) и осуществляется резервное питание от линии II; 2-обе линии повреждены.



### Рис. 3-3. Схема питания потребителей.

Цепь I повреждается  $\omega_1$  раз в год, что приводит к перерыву питания каждый раз на время  $\tau$  при действии АВР. Таким образом, несмотря на исправность передачи II, перерыв питания потребителя А составит  $\omega\tau$ .

Средняя доля года, когда обе ВЛ повреждены (состояние 2), составит:

$$q_{\Sigma} = \omega_1\tau_s + q_1q_2 \quad (3-41)$$

Где  $q_1$  и  $q_2$  -коэффициенты ненадежности ВЛ I и II .

Значение суммарной частоты отключений для системы с резервированием определяется по формуле

$$\omega_{\Sigma} = p_{\Sigma}\omega_1 + q_{\Sigma}\omega_2 \quad (3-43)$$

При параллельном соединении двух элементов результирующая ненадежность  $q_{\Sigma}$  может быть найдена из уравнения (3-41), описывающего резервирование с помощью АВР или АПВ, если принять  $\tau_s = 0$  , предполагая при этом, что поврежденный элемент будет отключен ранее, чем наступит общее погашение системы. Тогда будем иметь:

$$q_{\Sigma} = q_1q_2 \quad (3-44)$$

И

$$p_{\Sigma} = 1 - q_1q_2 \quad (3-45)$$

(полное погашение системы электроснабжения и успешная работа до момента повреждения обоих элементов)

Суммарная частота отключений для двух параллельно соединенных элементов определяется из выражения

$$\omega_{\Sigma} = \omega_1\omega_2'(\tau_1 + \tau_2) \quad (3-46)$$

И для однородных элементов

$$\omega_{\Sigma} = 2\omega^2\tau \quad (3-47)$$

В этом выражении  $\tau_1$  и  $\tau_2$ -время восстановления включения элементов.

Все предшествующие выводы были построены на допущении величины коэффициента пропускной способности отдельных цепей и элементов  $s=1$ . В действительности во многих случаях применение резервных электрических цепей и их элементов со 100 % ной пропускной способностью может оказаться с технико-экономической точки зрения не рациональным. И наоборот, значение коэффициента пропускной способности должно явиться предметом поиска в комплексной задаче, учитывающей стремление к минимуму расчетных затрат и снижению ущерба от аварийного недоотпуска электроэнергии. Выясним влияние пропускной способности на надежность цепи, состоящей из параллельно соединенных элементов.

Рассмотрим для этого цепь из двух параллельно соединенных элементов А и В (рис.3-4) с пропускной способностью S1 и S2 и мерой готовности и ненадежности (р и q) Результирующие значения готовности и ненадежности для такой цепи будут:

$$p_p + q_p = p_p p_2 + p_1 q_2 s_1 + p_2 q_1 s_2 + p_1 q_2 (1 - s_1) + p_2 q_1 (1 - s_1) + q_1 q_2 = 1 \quad (3-48)$$

В выражении (3-48)  $p_p + q_p = p_p p_2 + p_1 q_2 s_1 + p_2 q_1 s_2$  описывает состояние готовности, а

$$q = p_1 q_2 (1 - s_1) + p_2 q_1 (1 - s_1) + q_1 q_2 \text{ состояние ненадежности..}$$

Легко заметить, что при  $s=0,5$  два параллельно соединенных элемента по условиям надежности эквивалентны одному элементу с  $s=1$ .

Для трех параллельно соединенных элементов с одинаковыми ( $s_1 = s_2 = s_3 = s; p_1 = p_2 = p_3 = p; q_1 = q_2 = q_3 = q$ ) соответственно будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} p_p &= p^3 + 3p^2 q(2s) + 3pq^2 s; \\ q_p &= 3p^2 q + 3pq^2(1 - s) \end{aligned} \right\} q^2 \quad (3-49)$$

При  $s=1/3$  имеем, как и ранее,  $p_p = p$  т.е. при элемент с  $s=1/3$  эквивалентны одному элементу или одиночной цепи с  $s=1$ . Результирующая ненадежность для цепи с параллельно соединенными элементами с одинаковыми характеристиками будет равна:

$$q_p = q^n + n(1 - q)q \left[ (1 - s)q^{n-2} + (1 - s)(1 - q)q^{n-3} \binom{n-1}{2} \binom{n-2}{2}^{n-3} + (1 - 3s)(1 - q)^2 \binom{n-1}{3} \binom{n-2}{2} (n - 3) \right]$$

$$\text{при } n=4 \quad (3-50)$$

Результирующая вероятность безотказной работы и вероятность появления отказа при пропускной способности элементов  $s < 1$  (Л.3) для параллельного соединения двух элементов будет:

$$R_{\Sigma}(t) = e^{-\omega t} [e^{-\omega t} (1 - 2s) + 2s] \quad (3-51)$$

$$Q_{\Sigma}(t) = 1 - e^{-\omega t} [e^{-\omega t} (1 - 2s) + 2s] \quad (3-52)$$

И для трех элементов

$$R_{\Sigma}(t) = e^{-3\omega t} 3s(e^{-3\omega t} - e^{-\omega t}) \quad (3-53)$$

$$Q_{\Sigma}(t) = 1 - e^{-3\omega t} 3s(e^{-3\omega t} - e^{-\omega t}) \quad (3-54)$$

### **Контрольные вопросы:**

1. Как устроен однофазный трансформатор и какой принцип его действия?
2. Что такое коэффициент трансформации трансформатора и как его определить?
3. Какие отказы возникают в трансформаторе при его работе?
4. Как выполняется опыт холостого хода трансформатора и какие величины определяются из этого опыта?
5. Как выполняется опыт короткого и замыкания в подстанции и какие величины при этом определяются?
6. Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора?

## ЗАДАЧА № 4

### Учет намеренное отключение в расчете надёжности элементов

Оценка надежности систем электроснабжения по заданному критерию

В ряде случаев, когда невозможно установить материальный ущерб от аварийного недоотпуска электроэнергии, можно задаться определенным уровнем надежности.

Зная частоту отказов  $\omega$  и время восстановления, можно найти вероятное время отказа системы электроснабжения как долю года  $q \approx \lambda\tau/8760$  и, наконец, долю времени бесперебойной работы системы

$$p = 1 - q \approx 1 - \frac{\omega\tau}{8760} \quad (5-14)$$

Для ответственных потребителей стремятся достигнуть относительного времени бесперебойной работы значение которого равно, например  $p \geq 0,9998$ , или любого другого большей величины 0.999. В таких случаях говорят, что вероятность гарантированной обеспеченности электроснабжения достигнута.

Если гарантированная обеспеченность электроснабжения не достигается, т.е.  $p < 0,9998$ , то надежность схемы электроснабжения может быть повышена путем введения резервирования всех или наиболее уязвимых элементов. В качестве примера рассмотрим применение резервирования всех элементов системы электроснабжения полностью.

Тогда надежность будет повышена на величину

$$1 - q^2 - 1 + q = q - q^2 \quad (5-15)$$

Повышенная надежность электроснабжения можно добиваться не беспредельно. Весьма существенное усложнение схемы за счет введения многократного резервирования приводит лишь к относительно незначительному снижению времени аварийного простоя, причем незначительный рост надежности обычно связан с весьма существенными затратами. Поэтому, естественно, возникает вопрос о выборе оптимального значения степени резервирования путем технико-экономической оценки вариантов электрических сетей или установок с различной степенью надежности либо об оценке затрат на осуществление различных вариантов схем с одной и той же степенью надежности. Чем меньше затраты на устройства, резервирующие систему электроснабжения, тем предпочтительнее становится этот вариант.

Решение этой задачи можно свести к выбору резервирования некоторых элементов схемы электроснабжения, при которой достигается более высокая надежность, не меньшая гарантированной обеспеченности ( $p \geq 0,9998$ ), но при капитальных затратах, меньших капитальных затрат, связанных с устройством полного дублирования системы питания. Для упрощения задачи для всех вариантов плановые отключения во внимание не приняты.

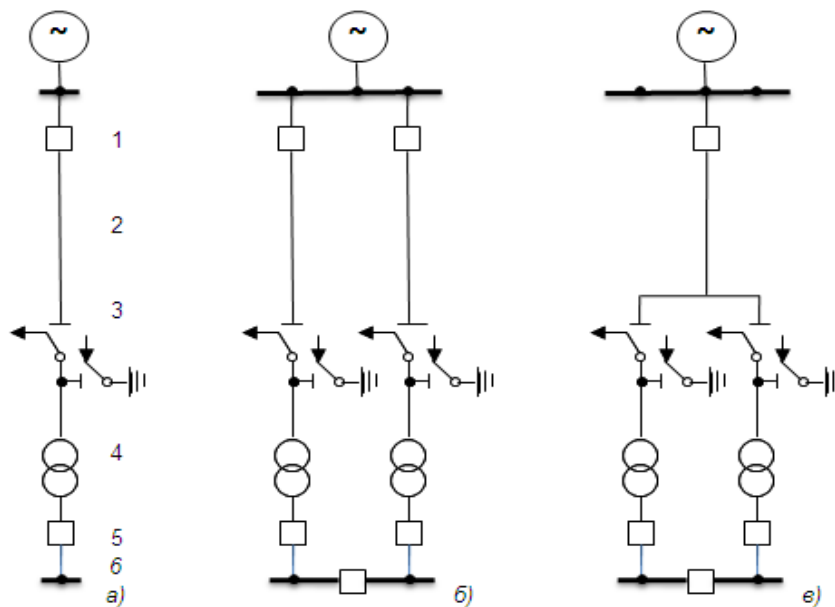


Рис.5-2 варианты схем электроснабжения.

Поясним это на следующем примере (рис.5-2). Пусть потребитель получает электроэнергию из энергосистемы по линиям 110 кВ по одному из приведенных вариантов. Длина линий = 50 км, нагрузка 27 МВт, при  $\cos\varphi=0,85$ . Показатели надежности для элементов заданы следующими:

№ элемента	1	2	3	4	5	6
$\lambda$ , 1/год	0,41	0,68	0,18	0,05	0,00	0,02
$\tau$ , ч	19	4,4	29,4	56,5	15	2

Для электроснабжения во всех вариантах выбраны трансформаторы 110/10 кв, 32 Мва. В варианте на рис.5-2,а среднее относительное время простоя системы электроснабжения составляет:

$$q_{(a)} \approx \frac{\lambda_{\Sigma} \tau_{\Sigma}}{8760} = \frac{0,041 * 19 + 0,68 * 4,4 + 0,18 * 29,9 + 0,056 * 56,5 + 0,006 * 15 + 0,028 * 2}{8760} = 0,00143$$

Отсюда средняя доля времени безотказной работы составит:

$$P=1- 0,00143 \approx 0,9986 < 0,9998$$

Капитальные затраты по этому варианту будут:

$$K_{(a)}=12,0+180,0+3,5+58,1+1,7+1,2=256,5 \text{ тыс.сум}$$

Для варианта на рис. 5-2,б будем иметь:

$$q_{(б)} \approx q_1^2 \approx 0,000001; p=0,999999;$$

$$K_{(б)} = 256,5 * 2 + 1,2 = 514,2 \text{ тыс. сум}$$

для варианта на рис.5-2,в имеем:

$$q^b = q_{(1-2)} = q_{(3-4-5)}^2 + q_{(б)};$$

$$q_{(1-2)} = \frac{\omega_1 \tau_1 + \omega_2 \tau_2}{8760} = \frac{0,041 * 19 + 0,68 * 4,4}{8760} = 0,000043$$

$$q_{(3-4-5)}^2 \approx \left( \frac{\omega_3 \tau_3 + \omega_4 \tau_4 + \lambda_5 \tau_5}{8760} \right)^2 = \left( \frac{0,18 * 29,9 + 0,56 * 56,5 + 0,006 * 15}{8760} \right)^2 = 0,000001$$

$$q_{(б)} \approx \frac{0,028 * 2}{8760} = 0,00000064$$

$$q_{(б)} = 0,000043 + 0,000001 + 0,0000006 = 0,000043$$

Средняя доля безотказной работы будет тогда равна:  $p=0,99995$ . Капитальные затраты для варианта на рис.5-2,в схемы будут равны:

$$K_{(а)} = 319,8 \text{ тыс. сум}$$

И наконец, для варианта на рис.5-2,г получим следующие результаты:

$$q_{(г)} = q_{(4-5-б)}^2 + q_{(4-5-б)} = \left( \frac{2 * 0,041 * 19 + 0,68 * 4,4}{8760} \right)^2 + \frac{0,056 * 56,5 + 0,006 * 15 + 0,028 * 2}{8760} = 0,00038$$

$$P=0,99962; K_{(г)} = 469 \text{ тыс. сум}$$

Для окончательного суждения о показателях, рассмотренных выше вариантов систем электроснабжения, приведем их экономические характеристики (см. таб.5-5)

Таблица 5-5

**Сравнение вариантов**

Варианты	Затраты		Вероятность безотказной работы p	Разница относительно гарантированной обеспеченности
	Тыс. сум	Тыс. сум		
<i>а</i>	256,0	1,0	0,9986	-0,0012
<i>б</i>	514,2	2,01	0,99999	0,00019
<i>в</i>	319,8	1,24	0,99995	0,00015
<i>г</i>	469,0	1,83	0,9996	-0,0002

Анализируя приведенные показатели, можно сделать вывод, что наилучшим и экономически целесообразным вариантом системы электроснабжения является вариант *в*, в которой при относительно небольшом увеличении капитальных затрат (на +24%) обладает надежностью, больше заданной. Система электроснабжения по варианту *г* при больших капитальных затратах, чем при варианте *в*, не обладает необходимой обеспеченностью. Следовательно, не всегда более дорогостоящая система электроснабжения обладает более высокой



надежностью. Составить, однако, условия оптимизации степени надежности по рассмотренным критериям не удастся и приходится осуществлять поиск перебора характеристик отдельных вариантов. Для несложных схем электроснабжения такой метод может оказаться достаточно простым и удобным. Могут существовать и другие способы оценки надежности, например, исходя из допустимого числа отказов в год. Когда число отказов становится велико и это связано с последствиями из-за нарушения технологического режима работы установок или порчи сырья и оборудования. То возникает задача поиска такой схемы электроснабжения, при которой число нарушений будет ограничено допустимыми пределами.

Вряд ли нужно стремиться к чрезмерному повышению надежности, так как это может оказаться экономически невыгодным. Вышеприведенный пример показал, что, увеличивая затраты на устройство резервирования системы электроснабжения, не всегда можно добиться целесообразного предела надежности и повышать надежность нужно до разумных пределов, т.е. пока это выгодно.

Для расчетного периода времени, например длительностью 1 год, можно общее число отказов элемента или системы определить вероятностью

$$p = e^{-m} \left( 1 + m + \frac{m^2}{2!} + \frac{m^3}{3!} + \dots \right) \quad (5-16)$$

Где  $m = \omega$  - параметр потока отказов, 1/год.

В (5-16) показано, что за 1 год вероятность того, что не будет ни одного отказа, составит  $e^{-m}$ , один отказ будет с вероятностью  $m e^{-m}$ , два отказа с вероятностью  $\frac{m^2}{2!} e^{-m}$  и т.д.

Если время между отказами или наработка на отказ  $T = 1/\omega$ , то один отказ будет ожидаться через  $T$ , а за время  $t$  будет  $t/T$  отказов. Отсюда вероятность того, что за время  $t$  не будет ни одного отказа или повреждения, состоит:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{T}} \quad (5-17)$$

Например, ВЛ 10 кв, 15 км с длиной пролета 60 м имеет на фазу один штыревой изолятор.

Общее число изоляторов на ВЛ

$$n = \frac{15 * 1000 * 3 * 1}{60} = 750$$

Допустим, что изолятор повреждается через 500 лет, тогда на 15 км линии наработка на отказ оставит:

$$T = \frac{1}{\omega} = \frac{500}{750} = 0.67 \text{ (одно повреждение в 1,5 года)}$$

Отсюда вероятность того, что линия не будет отказывать (из-за повреждений изоляторов) в течении 1 года,

$$K = e^{-0,67} \approx 0,52$$

**Контрольные вопросы:**

1. Как устроен однофазный трансформатор и какой принцип его действия?
2. Что такое коэффициент трансформации трансформатора и как его определить?
3. Какие отказы возникают в трансформаторе при его работе?
4. Как выполняется опыт холостого хода трансформатора и какие величины определяются из этого опыта?
5. Как выполняется опыт короткого и замыкания в подстанции и какие величины при этом определяются?
6. Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора?

## ЗАДАЧА № 5

### Аналитические способы расчета вероятности в расчете соединении сложных электрических схем

Анализ схем электрических сетей и подстанций по нескольким показателям надежности

Допуская, что  $\lambda \approx \text{пост.}$ , можно принять экспоненциальный закон распределения времени до появления отказа. Тогда вероятность того, что данный элемент системы электроснабжения откажет за время  $t$ , будет:

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \text{ приближенно } Q(t) \approx \lambda t (1 - 0.5\lambda t) \quad 0.01 \leq \lambda t \leq 0.4$$

Вероятности появления  $m$  отказов элемента за время  $t$  по закону Пуассона будет равна:

$$Q_m(t) = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t}$$

Как и следовало ожидать, вероятност того, что за время  $t$  наступит ни одного отказа ( $m=0$ ), будет равно  $P_0 \times (t) = e^{-\lambda t}$ . Математическое ожидание длительности аварийных простоев элемента в течение времени  $t$  определяется из выражения

$$\bar{q} = M|q| = \sum_{m=1}^{\infty} \bar{t} Q_m(t) = \sum_{m=1}^{\infty} \bar{t} \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t} = \bar{t} \lambda t \quad (5-18)$$

Где  $\bar{t}$  — среднее время восстановления элемента.

Среднее время плановых эксплуатационных простоев элемента можно определить из выражения

$$f = \left( \frac{\bar{t}_{\text{кап}}}{T_{\text{кап}}} + \frac{\bar{t}_{\text{тек}}}{T_{\text{тек}}} \right) t \quad (5-19)$$

Где  $\bar{t}_{\text{кап}}$  и  $\bar{t}_{\text{тек}}$  — средняя продолжительность капитального и текущего ремонтов;  $T_{\text{тек}}$  и  $T_{\text{кап}}$  — периодичность проведения капитального и текущего ремонтов за период, например 1 год.

Тогда суммарное среднее время простоя элемента будет равно:

$$\bar{q} + \bar{f} \quad (5-20)$$

Зная вероятность отказа и суммарное время простоя отдельных элементов, можно определить эти параметры для системы.

Математическое ожидание времени аварийных простоев такой системы определяется по выражению

$$\bar{q}^{\text{посл}} \approx \sum_{k=1}^b \bar{q}_k \quad (5-21)$$

Более сложно определить время планового простоя системы из последовательно соединенных элементов, так как возможен одновременный

эксплуатационный ремонт нескольких элементов сразу; при этом учитывается время обслуживания наиболее трудоемкого элемента.

Так как периодичность планового ремонта отдельных элементов может не совпадать, то в течение некоторого расчетного периода в такой системе будут иметь место несколько простоев различной продолжительности.

Общее время плановых ремонтов системы из последовательных элементов в течение некоторого периода  $t$  можно определить из выражения

$$\bar{f}^{\text{посл}} = \frac{t}{T_{\text{ц}}} \sum_{T_{\text{ц}}}^t \tau_{\text{рем}(i)}^{\text{макс}} \quad (5-22)$$

Где  $\tau_{\text{рем}(i)}^{\text{макс}}$  - время ремонта наиболее трудоемкого элемента при одновременном ремонте нескольких из них;  $T_{\text{ц}}$  - ремонтный цикл или наименьший промежуток времени, в течение которого совершается некоторое целое число ремонтов (капитального и текущего) каждого элемента.

Ремонтный цикл  $T_{\text{ц}}$  определяется как наименьшее общее кратное периодичностей планового ремонта отдельных элементов. Средняя периодичность плановых ремонтов системы из последовательно соединенных элементов определяется отношениям

$$T_{\text{сист}} = \frac{T_{\text{ц}}}{m} \quad (5-23)$$

Где  $m$  ( $T_{\text{ц}}$ ) – число плановых простоев системы в течение ремонтного цикла  $T_{\text{ц}}$ .

Средняя продолжительность одного ремонта составит:

$$\bar{\tau}'_{\text{рем.ср}} = \frac{1}{m T_{\text{ц}}} \sum_{i=1}^{T_{\text{ц}}} \tau_{\text{рем}}^{\text{макс}} \quad (5-24)$$

Суммарное время аварийных и плановых простоев системы определится тогда из выражения (5-20) с индексами «посл» при всех членах, а вероятность любого числа отказов  $m$  по формуле Пуассона, где

$$\lambda_{\text{посл}} = \sum_{k=1}^b \lambda_k \quad (5-25)$$

Средняя длительность одного аварийного ремонта системы составит;

$$\tau_{\text{ав}}^{\text{посл}} = \frac{\sum_{k=1}^b \bar{\tau}(1 - e^{-\lambda_k t})}{1 - e^{-\lambda t}} \quad (5-26)$$

Рассмотрим простейшую систему из двух параллельных элементов, как наиболее часто встречающуюся в электрических сетях (две параллельные ВЛ, два трансформатора и т.п.).

Отказ такой системы произойдет тогда, когда один из элементов откажет в период аварийного или планового ремонта другого элемента. При этом предполагается недопустимость совпадения планового составного или перерыва в работе обоих элементов для их эксплуатационного обслуживания. Предполагается, что коэффициент пропускной способности обоих элементов равен  $s=1$ . Пусть первый элемент, проработав безотказно время  $x_1$ , отказал (рис. 5f3) и восстанавливается в течение времени  $t$ . Вероятности отказа первого элемента в момент, когда период стремится к бесконечно малому, можно описать выражением

$$\frac{dQ}{dx_1} = \lambda_1 e^{-\lambda x}$$

Или для любого значения  $x_1$  выражением

$$Q(x_1) = \lambda_1 e^{-\lambda x} \quad (5-27)$$

Второй элемент может, например, проработать безотказно промежуток времени  $x_2$  и после этого восстанавливается за время \_\_\_\_\_. Пусть при этом будет  $x_1 \geq x_2$ . Очевидно, вероятность того, что второй элемент откажет за время  $x_2$ , будет  $Q(x_2) = \lambda_2 e^{-\lambda x}$ , или, выражая через плотность вероятностей,

$$\frac{dQ}{dx_2} = \lambda_2 e^{-\lambda x}$$

Из-за совпадения повреждения обоих элементов в течение времени  $\tau_{(1-2)}$  система откажет полностью.

Рассмотрим два случая.

Первый случай- время восстановления первого элемента меньше или равно времени восстановления второго элемента, т.е.  $\tau_1 \leq \tau_2$ . Тогда среднее время одновременного простоя обоих элементов определяется промежутком времени между моментом восстановления первого элемента и отказом второго:

$$\tau_{(1-2)} = x_1 + \tau_1 - x_2$$

Математическое ожидание времени аварийного простоя такой системы опишется уравнением

$$\bar{q}_{(1-2)} = \lambda_1 \lambda_2 \int_0^t \int_{x_2}^{x_1 + \tau_1} (x_1 + \tau_1 - x_2) e^{-(\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2)} dx_1 dx_2$$

(5-28)

Которое численно равно двойному интегралу произведения вероятностей отказа каждого элемента на участке  $(x_1 + \tau_1 - x_2)$  с пределами, определяющими эти границы.

После решения (5-28) и подстановок получим:

$$\bar{q}_{(1-2)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} \frac{\lambda_2 \tau_2 - (1 - e^{-\lambda_2 \tau_1})}{\lambda_2} [1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}] \quad (5-29)$$

Разлагая в ряд выражение  $1 - e^{-\lambda_2 \tau_1}$  и ограничиваясь его первыми двумя членами, получим:

$$1 - e^{-\lambda_2 \tau_1} \approx \lambda_2 \tau_1 (1 - 0.5 \lambda_2 \tau_1)$$

После подстановки (5-29) в (5-30) получим:

$$\bar{q}_{(1-2)} = 0.5 \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \tau_1^2 [1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}]$$

Аналогично рассуждая, можно найти математическое ожидание времени простоя системы, когда второй элемент отказывает в период проведения планового ремонта при условии, что  $\tau_{\text{рем}} \leq \tau_2$  :

$$\bar{f}_{(1-2)} = 0.5 \frac{\tau_{\text{рем}}^2}{T_1} (1 - e^{-\lambda_2 t})$$

Второй случай – время восстановления первого элемента больше времени восстановления второго элемента (рис.5-4), т.е. Тогда время одновременного простоя обоих элементов будет определяться:

а) временем восстановления второго элемента  $\tau_2$  при

$$x_1 \leq x_2 \leq x_1 + \tau_1 - x_2$$

б) временем  $\tau_{(1-2)} = x_1 + \tau_1 - x_2$  при  $x_1 + \tau_1 - \tau_2 \leq x_2 \leq x_1 + \tau_1$

Используя эти неравенства, получим тогда математическое ожидание времени одновременного аварийного простоя двух параллельных элементов в виде уравнения

$$\bar{q}_{(1-2)} = \lambda_1 \lambda_2 \int_0^t e^{-\lambda_1 x_1} \left[ \int_{x_1}^{x_1 + \tau_1 + \tau_2} \tau_2 e^{-\lambda_2 x_2} dx_2 + \int_{x_1 + \tau_1 - \tau_2}^{x_1 + \tau_1} (x_1 + \tau_1 - x_2) e^{-\lambda_2 x_2} dx_2 \right] dx_1$$

Решение (5-33) дает окончательно:

$$\bar{q}_{\tau_1 > \tau_2}^{(1-2)} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \tau_2 (\tau_1 - 0.5 \tau_2) [1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}] \quad (5-34)$$

Аналогично можно найти математическое ожидание времени простоя системы, когда второй элемент отказывает в период планового ремонта первого элемента при условии, что :

$$\bar{f}_{\tau_1 > \tau_2}^{(1-2)} \frac{\tau_2}{T_2} (\tau_{\text{рем}} - 0.5 \tau_2) (1 - e^{-\lambda_2 t}) \quad (5-35)$$

Суммарное среднее время одного простоя системы их двух параллельных элементов составит:

$$\bar{\tau}_{(\Sigma)}^{(2)} = \bar{q}_{(1-2)} + \bar{f}_{(1-2)} + \bar{q}_{(2-1)} + \bar{f}_{(2-1)} \quad (5-36)$$

Где индексом (1-2) обозначен аварийный простой второго элемента в период аварийного или планового простоя первого элемента, а индексом (2-1) аварийный простой первого элемента во время аварийного или планового простоя второго

элемента. Аналогичным образом можно найти вероятность отказа одного элемента в период аварийного или планового простоя второго элемента.

Вероятность отказа первого элемента во время аварийного ремонта второго элемента определяется из выражения

$$\bar{Q}_{ав}^{(2-1)}(t) = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \tau_1 (1 - 0.5 \tau_1 \lambda_2) [1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}] \quad (5-36)$$

Вероятность отказа первого элемента во время планового ремонта второго элемента выразится как

$$\bar{Q}_{пл}^{(2-1)}(t) = \frac{\tau_{рем1}}{\tau_1} (1 - 0.5 \tau_{рем1} \lambda_2) (1 - e^{-\lambda_2 t}) \quad (5-38)$$

Вероятность отказа всей системы определяется суммой

$$\bar{Q}_{пар}^{(2)}(t) = \bar{Q}_{ав}^{(1-2)}(t) + \bar{Q}_{пл}^{(1-2)}(t) + \bar{Q}_{ав}^{(2-1)}(t) + \bar{Q}_{пл}^{(2-1)}(t) \quad (5-39)$$

Средняя длительность одного отказа системы из двух параллельных элементов определяется из выражения

$$\bar{t}_{ав}^{(2)} = \frac{\bar{t}_{q(\Sigma)}^{(2)}}{\bar{Q}_{пар}^{(2)}(t)} \quad (5-40)$$

Среднее число отказов системы из параллельных элементов в течении времени можно определить из выражения для (вероятности отказа системы), учитывая показательный характер его распределения:

$$\bar{\lambda}_{пар}^{(2)}(t) = \ln \frac{1}{1 - \bar{Q}_{пар}^{(2)}(t)} \quad (5-41)$$

Тогда математическое ожидание длительности аварийных простоев системы в течении времени определяется из выражения

$$\bar{q}_{пар}^{(2)}(t) = \bar{t}_{пар}^{(2)}(t) \bar{\lambda}_{пар}^{(2)}(t) \quad (5-42)$$

Для системы, состоящей из трех и более параллельно соединенных элементов, вероятное время простоя, вероятность отказа и среднюю длительность одного отказа можно определить следующим образом. Находят эти значения для пары элементов, которая потом, как один элемент, образует пару с последующим и т.д.

Приведенный метод можно применить также при анализе сетей, содержащих последовательно – параллельное соединение элементов или цепей, для чего участок или цепь, содержащая ряд параллельных элементов, заменяется одним обобщенным элементом с параметрами, найденными по (5-36) – (5-42).

Пример. Двух трансформаторная транзисторная подстанция соединена двумя воздушными линиями 220 кв длиной каждая по 100 км с энергосистемой и электростанцией. Возможные варианты схем подстанций приведены в рис.5-5

Параметры, характеризующие надежность элементов схемы, приведенные на рис.5-5, помещены в табл.5-6.

Произведя расчет, пользуясь (5-31)-5-42), получим результаты оценки и сравнения надежности по вариантам на рис. 5-5,а и б, которые приведены в табл.5-6.

Из приведенных результатов расчета видно, что схема четырехугольника имеет значительно меньшее вероятное время аварийного перерыва транзита и время недоотпуска электроэнергии потребителям, питающимся от подстанции.

Для окончательного суждения о предпочтительности того или иного варианта системы электроснабжения и схемы транзита необходимо произвести сравнение приведенных затрат по рассматриваемой схеме.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как устроен однофазный трансформатор и какой принцип его действия?
2. Что такое коэффициент трансформации трансформатора и как его определить?
3. Какие отказы возникают в трансформаторе при его работе?
4. Как выполняется опыт холостого хода трансформатора и какие величины определяются из этого опыта?
5. Как выполняется опыт короткого и замыкания в подстанции и какие величины при этом определяются?
6. Как определяется коэффициент полезного действия трансформатора?



РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

по предмету

## НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данную тему целесообразно начинать с изучения электрической цепи однофазного тока, содержащей катушку со стальным сердечником, а затем переходить непосредственно к изучению трансформатора.

Рассматривая физические процессы, возникающие в трансформаторе, необходимо обратить особое внимание на то положение, что при изменении нагрузки трансформатора в широком диапазоне (от холостого хода до номинального режима) магнитный поток может считаться практически постоянным и равным магнитному потоку в режиме холостого хода. Это в свою очередь определяет постоянство потерь в стали, которые легко определяются из режима холостого хода.

При рассмотрении режима «нормального» короткого замыкания получается, что магнитный поток в сердечнике трансформатора настолько мал, что им можно пренебречь, а следовательно, при этом режиме потери в стали трансформатора практически равны нулю, а потери в меди (в обмотках трансформатора) равны потерям при номинальной нагрузке трансформатора. Величины токов, напряжений и мощностей, полученные из режимов холостого хода и «нормального» короткого замыкания, позволяют определить основные параметры трансформатора.

В паспорте трехфазных трансформаторов дается номинальная мощность и мощность потерь всех трех фаз; под номинальными напряжениями понимаются линейные напряжения на зажимах трансформатора в режиме холостого хода, а под номинальными токами - линейные токи независимо от схемы соединения обмоток.

### **После изучения настоящего раздела студенты должны;**

1) знать основные элементы конструкции трансформатора; выражение для коэффициента трансформации; уравнения электрического и магнитного состояний трансформатора;

2) понимать назначение опытов холостого хода и короткого замыкания; сущность «приведения» параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной; различие опыта короткого замыкания и режима короткого замыкания трансформатора; причины изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора; принципы построения векторных диаграмм для различных нагрузок;

3) уметь анализировать различные режимы работы трансформатора; читать паспорт трансформатора; включать приемника и электроизмерительные приборы для определения напряжений, токов и мощностей; предвидеть последствия коммутационных изменений в цепи нагрузки на электрическое состояние трансформатора.

Теория трансформатора полностью распространяется на автотрансформаторы и измерительные трансформаторы. Поэтому при их изучении следует обратить внимание на область их применения и особенности работы.

## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ:

В период изучения дисциплины студент должен знать и уметь:

- Цель и задачи дисциплины «Надёжность электроснабжения»;
- Место Надёжность электроснабжения в повседневной жизни и в общепроизводственной системе;
- Силовые трансформаторы и их элементы;
- Элемент трансформаторов напряжения и тока;
- Конструкции и виды электродвигателей;
- Конструкция и принцип работы генераторов;
- Конструкция и принцип работы двигателей постоянного тока;

### Задача №1

Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальной режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_n$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты; критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  $M = \frac{2M_{max}}{S/S_k + S_k/S}$  ;

величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$  ;  $S_k$  ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Построит механическую характеристику  $n(M)$  электродвигателя.

### Задача №1 Вариант №1

Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальной режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_n$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты; критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  $M = \frac{2M_{max}}{S/S_k + S_k/S}$  ;

величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$  ;  $S_k$  ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Построит механическую характеристику  $n = f(M)$  электродвигателя.

**Дано:**  $P_n = 0,75 \text{ кВт}$ ,  $\eta_H = 77 \%$ ;  $\cos\varphi_n = 0,87$ ;  $S_H = 5,9\%$ ;  $p = 1$ ;  
 $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ;  $m_k = 2,2$ ;  $m_n = 2,0$ ;  $f = 50 \text{ Гц}$ .

1. Определяем номинальную мощность, потребляемую из сети:

$$P_{1H} = P_n / \eta_H = 0,75 / 0,77 = 0,97 \text{ кВт}.$$

2. Определяем ток из сети в номинальном режиме:

$$J_{1H} = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi_H} = \frac{0,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87} = 0,17 \text{ А}.$$

3. Определяем частоту вращения магнитного поля в номинальном режиме:  $n_c = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин}$ .

4. Определяем частоту вращения ротора в номинальном режиме:

$$n_H = n_c (1 - s_H) = 3000(1 - 0,059) = 2823 \text{ об/мин}$$

5. Определяем номинальный момент двигателя

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \frac{0,75 \cdot 10^3}{2823} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6. Определяем пусковой момент двигателя:

$$M_{\text{max}} = M_H \cdot m_{\Pi} = 2,5 \cdot 2,0 = 5,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем максимальный момент двигателя:

$$M_{\text{max}} = M_H \cdot m_K = 2,5 \cdot 2,2 = 5,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

8. Находим критическое скольжение по уравнению Клосса:

$$M = \frac{2M_{\text{MAX}}}{\frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}}} \quad \text{или} \quad \frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}} = 2m_K, \quad s_{KP}^2 - 2m_K \cdot s_H \cdot s_{KP} + s_H^2 = 0,$$

$$s_{KP} = 0,13 \pm \sqrt{0,13^2 - 3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,13 \pm 0,116 \quad \text{или} \quad s_{KP} = 0,246.$$

9. Рассчитываем и строим механическую характеристику  $n = f(M)$  по формуле Клосса:

при  $s = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ .  $S_H$ ;  $S_{KP}$ ; по  $n = n_c \cdot (1 - s)$ . Результаты заносим в таблицу

S	0	$S_H$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
$n \cdot 10^3 \text{ об/мин}$	3,0	2,268	2,7	2,4	1,8	1,2	0,6
M, Нм	0	5,6	3,8	5,4	4,9	3,9	3,2

**ОТВЕТ:**  $I_{1H} = 0,17 \text{ А}$ ,  $n_H = 2823 \text{ об/мин}$ ,  $M_{\Pi} = 5,0 \text{ Нм}$ ,  $M_{\text{max}} = 5,5 \text{ Нм}$ ,  
 $M_H = 2,5 \text{ Нм}$ ,  $s_{KP} = 0,246$ .

Вар ант	Данные к задаче 1						
	$P_n$ кВт	$\eta_H$ %	$\cos\varphi_n$	$S_H$ %	P	$m_n$	$m_k$
1	0,75	77	0,87	5,9	1	2,2	2,0
2	0,12	63	0,7	9,7	1	2,2	2,0
3	11	88	0,9	2,3	1	2,3	1,7
4	90	90	0,9	1,4	1	2,5	1,2
5	0,25	63	0,65	9,0	2	2,2	2,0
6	4,0	84	0,84	4,4	2	2,4	2,0
7	22	90	0,9	2,0	2	2,3	1,4
8	75	93	0,9	1,2	2	2,3	1,2
9	0,18	56	0,62	11,5	3	2,2	2,2
10	3,0	81	0,76	4,7	3	2,5	2,0
11	30	90,5	0,9	2,1	3	2,4	1,3
12	75	92	0,89	2,0	3	2,2	1,2
13	0,55	64	0,65	9,0	4	1,7	1,6
14	7,5	86	0,75	2,5	4	2,2	1,4
15	30	90	0,81	1,8	4	2,1	1,3
16	110	93	0,85	1,5	4	2,3	1,2
17	37	91	0,78	1,7	5	1,8	1,0
18	90	92,5	0,83	1,6	5	1,8	1,0
19	45	90,5	0,75	2,5	6	1,8	1,0
20	75	91,5	0,76	1,5	6	1,8	1,0

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# ГЛОССАРИЙ

по предмету

## НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

№	ATAMA	TERM	ТЕРМИН
1.	AVTOMATIK BOSHQARISH	AUTOMATIC CONTROL – control of object (machine, device, system, process) according to prescribed algorithm by means of technical facilities, that provide automatic collection, storage, transmission and processing of information as well as forming of control signal to controlled object; widely used for increasing of efficiency, quality and accuracy of control	АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ – управление объектом (машиной прибором, системой, процессом) в соответствии с заданным алгоритмом с помощью технических средств, обеспечивающих автоматический сбор, хранение, передачу и переработку информации, в также формирование управляющих сигналов на объект управления; широко применяется для повышения производительности, качества и точности управления
2.	AVTOMATIK KONTROLLER	AUTOMATIC CONTROLLER – device which operates automatically to regulate a controlled variable in response to a command and feedback signal	АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР – устройство, действующее автоматически для регулирования управляемой величины в ответ на команду или обратный сигнал
3.	AVTOMATLASHTI RILGAN ELEKTR YURITMA	AUTOMATIC ELECTRIC DRIVE – electric drive in which control of operating regimes is realized by means of automatic control devices	АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – электропривод, в котором регулирование режимов работы осуществляется при помощи устройств автоматизированного управления
4.	AVTOMATLASHTI RISH	AUTOMATION – using of technical facilities, economical-mathematical methods and control systems in processes of production, converting, transmission and utilization of energy, materials or information	АВТОМАТИЗАЦИЯ – применение технических средств, экономико-математических методов и систем управления в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации
5.	AYLANUVCHI MAGNIT MAYDON	ROTATING MAGNETIC FIELD – the force created by the stator once power is applied to it that causes the rotor to turn.	ВРАЩАЮЩЕЕСЯ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ – сила, создаваемая статором при приложении напряжения, которая заставляет ротор вращаться

6.	AKSELEROMETR	ACCELEROMETER – a device which records acceleration of a vibrating surface	АКСЕЛЕРОМЕТР (ИЗМЕРИТЕЛЬ УСКОРЕНИЯ) – устройство, записывающее ускорение колеблющейся поверхности
7.	AKTIV ISROFLAR	$I^2R$ LOSSES due to current flowing in a conductor caused by resistance	АКТИВНЫЕ ПОТЕРИ $I^2R$ обусловлены протеканием тока по проводнику
8.	AMPER	AMPERE (AMP) – the unit of electric current. One ampere is rate of flow of charge equal to one coulomb per second.( $I=Q/t$ )	АМПЕР (А) – единица измерения электрического тока. Один Ампер – это величина изменения потока равная одному Кулону в секунду .( $I=Q/t$ ).
9.	ANOD	ANODE – the electrode in a cell where oxidation occurs.	АНОД – электрод, в котором происходит окисление
10.	ARALASH QO'ZG'ATISHLI O'ZGARMAS TOK MOTORI	COMPOUND WOUND DC MOTORS designed with both a series and shunt field winding; used where the primary load requirement is heavy starting torque and variable speed is not required, also used for parallel operation.	ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА СО СМЕШАННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ и с последовательной и с параллельной обмотками возбуждения; используется там, где первичная обмотка требует большой пусковой момент, а переменная скорость не требуется, также используется для параллельной работы.
11.	ASBOB	INSTRUMENT – general name of wide range of devices assigned for measuring, industrial control, equipment safety, control of machines and plants, regulation of technological processes, calculations and account	ПРИБОР – общее название широкого класса устройств, предназначенных для измерений, производственного контроля, защиты оборудования, управления машинами и установками, регулирования технологических процессов, вычислений и учета
12.	ASINXRON GENERATOR	ASYNCHRONOUS GENERATOR – generator where alternating current frequency is not exactly proportional to the speed of the generator rotor	АСИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР – генератор, в котором частота переменного тока не точно пропорциональна скорости ротора генератора
13.	ASINXRON MOTOR	INDUCTION MOTOR – an alternating current motor in which the primary winding on one member (usually the stator)	АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – двигатель переменного тока, в котором первичная обмотка одной части (обычно статора)



		is connected to the power source and a secondary winding on the other member (usually the rotor) carries the induced current. There is no physical electrical connection to the secondary winding, its current is induced.	присоединяется к источнику энергии, а вторичная обмотка другой части (обычно ротор) проводит индуцированный ток. При этом нет физико-электрической связи со вторичной обмоткой, ток в ней наводится
14.	ASOSIY KUVVAT	BASE POWER – a power generated by a utility unit that operates at a very high capacity factor	ОСНОВНАЯ МОЩНОСТЬ – мощность, генерированная полезной единицей, работающей с очень высоким коэффициентом мощности
15.	ATOM	ATOM – consist of a dense, positively charged nucleus surrounded by a system of electrons equal in number to the nuclear protons. The atom is bound together by electric forces between the electrons and the nucleus.	АТОМ – состоит из плотного, положительно заряженного ядра, окруженного системой электронов, количественно равны[ протонам ядра. Атом связан электрическими силами между электронами и ядром
16.	ATROF-MUXIT TEMPERATURAS I	AMBIENT TEMPERATURE – the temperature of the surrounding cooling medium, such as gas or liquid, which comes into contact with the heated parts of the motor. The cooling medium is usually the air surrounding the motor.	ТЕМПЕРАТУРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – температура окружающей охлаждающей среды, как газ или жидкость, которые соприкасаются с нагретыми частями двигателя.
17.	AUDIT	AUDIT – a process for checking conformance with specified criteria. This is a systematic and documental process of objectively obtaining and evaluating evidence. The evidence (obtained by auditors) determines whether a system conforms to the criteria set by the business or legislation	АУДИТ – процесс проверки соответствия обозначенным критериям. Это систематичный и документальный процесс реального признания и оценки. Разрешение (выданное аудиторам) определяет соответствие системы критериям, установленным предприятием или законодательством
18.	BAZAVIY YUKLANISH	BASE LOAD - the usual minimum power requirement for a system.	БАЗОВАЯ НАГРУЗКА – обычно минимальная потребность в мощности для системы
19.	BALANDLIK	ALTITUDE – the atmospheric altitude (height above sea level) at which the motor will be operating	ВЫСОТА – атмосферная высота (над уровнем моря), на которой будет работать двигатель

20.	BATAREYA	BATTERY – an electricity producing device which converts a chemical action between two electrodes and the electrolyte in which they are immersed into electron flow	БАТАРЕЯ – устройство вырабатывающее электричество, преобразует в электрический ток химическое действие между двумя электродами и электролитом, в которое они погружены,
21.	BELGILASH	IDENTIFICATION In most instances, the following information will help identify a motor: 1 Frame designation (actual frame size in which the motor is built). 2 Power, speed, design and enclosure. 3 Voltage, frequency and number of phases of power supply. 4 Class of insulation. 5 Application	ОБОЗНАЧЕНИЕ Во многих случаях следующая информация помогает идентифицировать двигатель: 1 Маркировка корпуса (действительные размеры двигателя). 2 Мощность, скорость, конструкция и ограждение. 3 Напряжение, частота и число фаз энергоснабжения. 4 Класс изоляции. 5 Применение
22.	BETA ZARRACHALAR	BETA PARTICLES - charged particles emanating from the nuclei of atoms. They are created at the time of emission. The negative beta particle is identical to an electron, which orbits the nucleus. The positive beta particle (positron) is identical to an electron, except that it is positively charged.	БЕТА ЧАСТИЦЫ – заряженные частицы, испускаемые ядром атома. Они возникают во время эмиссии. Отрицательные бета частицы идентичны электронам, которые движутся по орбите ядра. Положительные бета частицы (положительные электроны) идентичны электронам, за исключением того, что они положительно заряжены
23.	BIOMASSA	BIOMASS – the energy resources derived from organic matter. These include wood, agricultural waste and other living-cell that can be burned to produce heat energy. They also include algae, sewage and other organic substances that may be used to make energy through chemical processes	БИОМАССА – ресурсы энергии, производящиеся из органического материала. Включают в себя лесоматериалы, сельскохозяйственные отходы и другие органические элементы, которые могут вырабатывать тепловую энергию при сжигании. Также сюда можно отнести морские водоросли, сточные воды и другие органические вещества, которые можно использовать для получения энергии через химические процессы
24.	BIRLAMCHI CHO'LG'AM	PRIMARY WINDING – the winding of a motor, transformer or other electrical device which	ПЕРВИЧНАЯ ОБМОТКА – обмотка двигателя, трансформатора или другой

		is connected to the power source.	электроустановки, подсоединенная к источнику энергии
25.	BOSIM	PRESSURE – the force on a surface divided by the area over which the force acts ( $P=F/A$ ). Typically units are newtons/m <sup>2</sup>	ДАВЛЕНИЕ – отношение силы, действующей на единицу поверхность, к ее площади ( $P=F/A$ ). Единица измерения - Н/м <sup>2</sup>
26.	BOSHQARISH	CONTROL – purposeful changing of state or parameters of machine, system, process according to the required functioning algorithm, is attained as a result of actions acting on object directly by a man (manual control) or by automatic control device on composed program ( automatic control)	УПРАВЛЕНИЕ – целенаправленное изменение состояния или параметров машины, системы, процесса в соответствии с требуемым алгоритмом функционирования, достигается в результате воздействий, оказываемых на объект либо непосредственно человеком (ручное управление), либо автоматическим управляющим устройством по составленной программе (автоматическое управление)
27.	BOSHQARISH PULTI	CONTROL DESK – an element of control system – device with means of information display on its panels and control members, which helps to operator to act on control object (process, its performances)	ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ – элемент системы управления – устройство с размещенными на его панелях средствами отображения информации и органами управления, при помощи которых оператор воздействует на управляемые объекты (процессы, их качественные либо количественные характеристики)
28.	VAL	SHAFT – the rotating member of the motor which protrudes past the bearings for attachment to the driven apparatus.	Вал – вращающаяся часть двигателя, которая выступает через подшипники для подсоединения с приводным оборудованием
29.	VATT (VT)	WATT (W) – the metric unit power. A rate of doing work of 1 joule per second is a watt ( $P=W/t$ ).	ВАТТ (Вт) – единица измерения мощности. 1 Вт равен работе, совершенной за 1 секунду ( $P=W/t$ ).
30.	VATT SOAT (Vs)	WATT HOUR (Wh) – an electrical energy unit of measure equal to one watt of power supplied to an electric circuit	ВАТТ ЧАС (Втч)– единица измерения электрической энергии, равная одному Ватту мощности, поданной в электрическую сеть непрерывно

		steadily for one hour	за один час
31.	VATTMETR	WATTMETER – a device for measuring power consumption	БАТТМЕТР – прибор, измеряющий потребление энергии
32.	VEKTOR DIAGRAMMASI	Vector diagram – a graphical representation of sinusoidal varying electric quantities in vector form	Векторная диаграмма – графическое изображение в виде векторов синусоидально изменяющихся электрических величин
33.	VENTILLI ELEKTR YURITMA	RECTIFIER DRIVE – electric drive in which a converter on controlled electric rectifiers (such as thyristor) is used for motor supply and its angular speed control. It consist either controlled frequency converter, or supplying AC motor, or controlled rectifier, or supplying DC motor	ВЕНТИЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – электропривод, в котором для питания двигателя и регулирования его угловой скорости используется преобразователь на управляемых электрических вентилях (например, тиристорах). Содержит либо управляемый преобразователь частоты, питающий двигатель переменного тока, либо управляемый выпрямитель, питающий двигатель постоянного тока
34.	VENTILYATOR	FAN – device that moves and/or circulates air and provides ventilation	ВЕНТИЛЯТОР – устройство, передвигающее или циркулирующее воздух и обеспечивающее вентиляцию
35.	VERTILYASIYA	VENTILATION – the process of supplying or removing air by natural or mechanical means to or from any space	ВЕНТИЛЯЦИЯ – процесс подачи или перемещения воздуха с помощью естественных или искусственных средств к пространству или от него
36.	VOLT (V)	Volt (V) – the unit of the potential difference. If 1 joule work is required to move 1 coulomb of charge between two positions, the potential difference between the positions is 1 volt ( $V=W/Q$ ).	ВОЛЬТ (В) – единица измерения разности потенциалов. Если для передвижения заряда в 1 Кл между двумя точками требуется работа в 1 Дж, то разность потенциалов между этими точками равна 1 В ( $V=W/Q$ ).
37.	VOLT-AMPER TAVSIFI	CURRENT-VOLTAGE DIAGRAM – relationship of electric voltage on current (or current on voltage) in subcircuit	ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА – зависимость электрического напряжения от тока (или тока от напряжения) на участке цепи или

		or in its separate element	в ее отдельном элементе
38.	GALLON	GALLON – a unit of volume. A US gallon has 231 cubic inches or 3.785 litres.	ГАЛЛОН – единица измерения объема. Один галлон США равен 231 кубическим дюймам и 3,785 литрам
39.	G'ALTAK (STATOR YOKI ROTORNING)	COIL (STATOR or ARMATURE) – the electrical conductors wound into the core slot, electrically insulated from the iron core. These coils are connected into circuits or windings, which carry independent current.	КАТУШКА (СТАТОРА или ЯКОРЯ) – электрические проводники, намотанные в пазы сердечника, электрически изолированные от железного сердечника. Эти катушки присоединены к цепям обмоток, которые проводят независимый ток.
40.	GARMONIKA	HARMONIC – a sinusoidal quantity having a frequency that is an integral multiple of the frequency of a periodic quantity to which it is related	ГАРМОНИКА – синусоидальная величина, частота которой является интегрально составляющей частоты соответствующей периодической величины
41.	GARMONIKANING UZGARISHI	HARMONIC DISTORTION – Undesired distortion of the sinusoidal voltage and current waveform of a utility's alternating current. Harmonics are of concern due to the damage they may cause utility and customer equipment	ИСКАЖЕНИЕ ГАРМОНИКИ – нежелательное искажение формы волн синусоидального напряжения и тока в источнике переменного тока. Гармоники важны из-за ущерба, которое они могут нанести на оборудование энергоснабжающей организации и потребителя
42.	GARMONIKLARNI NG TARKIBI	HARMONIC CONTENT – The number of frequencies in the output waveform in addition to the primary frequency (50 or 60 Hz). Energy in these harmonic frequencies is lost and may cause excessive heating of the load	СОДЕРЖАНИЕ ГАРМОНИК – число частот в выходной форме волны дополнительно к первичной частоте (50 или 60 Гц). В этих гармонических частотах энергия теряется и может привести к чрезмерному перегреву нагрузки
43.	GENERATOR	GENERATOR	Генератор – электрическая машина, преобразующая механическую энергию вращения в электрическую
44.	GERMETIKALASH TIRILGAN CHO'LG'AM	ENCAPSULATED WINDING – a motor which has its winding structure completely coated with an insulating resin (such as epoxy). This construction type is	ГЕРМЕТИЗИРОВАННАЯ ОБМОТКА – двигатель со структурой обмоток, полностью покрытых изолирующей смолой (как эпоксидная) Этот способ

		designed for exposure to more severe atmospheric conditions than the normal varnished winding.	составления разработан для выдерживания более суровых атмосферных условий, чем обычная покрытая лаком обмотка
45.	GERS (GS)	HERZ (Hz) – a unit of frequency equal to one cycle per second	ГЕРЦ (Гц) – единица частоты равная одному обороту в секунду
46.	GIDROLIZ	HYDROLYSIS – the decomposition of organic compounds by interaction with water	ГИДРОЛИЗ – расщепление органических соединений при взаимодействии с водой
47.	GIDROELEKTR ENERGIYA	HYDROELECTRIC POWER – electric power that is produced from the conversion of the kinetic energy of water.	ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ – электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях преобразованием кинетической энергии воды
48.	GISTEREZISGA SARFLANGAN ISROFLAR	HYSTERESIS LOSS – the resistance offered by materials to becoming magnetized (magnetic orientation of molecular structure). This results in energy being expended and corresponding loss. Hysteresis loss in a magnetic circuit is the energy expended to magnetize and demagnetize the core.	ПОТЕРИ НА ГИСТЕРЕЗИС – сопротивление, обусловленное намагничиванием материалов (магнитное ориентирование молекулярных структур). Это вызывает расход энергии и соответствующие потери. Гистерезис в магнитной цепи – это энергия, расходуемая на намагничивание и размагничивание сердечника
49.	DATCHIK	DETECTOR – measuring instrument converting measured physical quantity (voltage, current, displacement, temperature) to (usually electric) signal for further transmission, processing or detection	ДАТЧИК – средство измерений, преобразующее измеряемую физическую величину (электрическое напряжение, силу тока, перемещение, температуру, давление) в сигнал (обычно электрический) для дальнейшей передачи, обработки или регистрации
50.	DEMPFIRLASH	DAMPING – forced damping of system oscillations or lowering of their amplitude to tolerated limits	ДЕМПФИРОВАНИЕ – принудительное пригашение колебаний системы либо уменьшение их амплитуды до допускаемых пределов
51.	DIAGRAMMA	DIAGRAM – graphic representation visually demonstration relationship	ДИАГРАММА – графическое изображение, наглядно показывающее соотношение между сравниваемыми

		between comparing quantities	величинами
52.	DINAMIK TORMOZLASH	DYNAMIC BRAKING – generator condition of motor operating, in which mechanical energy of braked device is converted to electric and released in heat energy form in resistor connected in braking time to armature winding circuit; used in DC, and AC synchronous and inductive electric drives	ДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ – генераторный режим работы электродвигателя, при котором механическая энергия тормозящегося механизма превращается в электрическую и выделяется в форме тепловой энергии в резисторе, включаемом на время торможения в цепь обмотки якоря; применяется в электроприводах постоянного тока, синхронных и асинхронных двигателях переменного тока
53.	DINAMIKA	DYNAMICS – a section of machines and mechanisms theory, which learns mechanisms moving by forces effect; investigates dynamic loads lowering methods, mechanisms motion regimes, conditions defining consumed energy and efficiency of the mechanism	ДИНАМИКА – раздел теории машин и механизмов, который изучает движение механизмов под действием сил, исследует способы уменьшения динамических нагрузок, режимы движения механизмов, условия, определяющие количество потребляемой энергии и КПД механизма
54.	DIOD	DIODE – an electronic device that allows a current to flow in one direction only	ДИОД – электронное устройство, позволяющее току течь только в одном направлении
55.	DIFFUZIYA	DIFFUSION – movement of suspended or dissolved particles from a more concentrated to a less concentrated area. The process tends to distribute the particles or molecules more uniformly	ДИФФУЗИЯ – передвижение взвешенных или растворенных частиц от более концентрированной к менее концентрированной области. Процесс приводит к более равномерному распределению частиц или молекул
56.	EPIQ BOZQARUV TIZIMI	CLOSED LOOP CONTROL SYSTEM – automatic control system with closed loop (by means of feedback) of control signals transmission. Control signals are produced in the deviation of control value quantity function of required the law of its change	ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ – система автоматического управления с замкнутым (посредством обратной связи) контуром передачи управляющих сигналов. Управляющие сигналы вырабатываются в функции отклонения значения управляющей величины от требуемого закона ее изменения.

57.	JOUL	JOULE (J) – a metric unit of work or energy representing the work done by a force of 1 Newton moving an object 1 meter in the direction of the force.	ДЖОУЛЬ (Дж) – единица измерения работы или энергии, представляющая работу, совершенную силой в 1 Ньютон, передвигающей объект на 1 метр по направлению действия силы
58.	JOUL KONUNI	JOULE'S LAW – The rate of heat production by a steady current in any part of electrical circuit that is proportional to the resistance and to the square of the current	ЗАКОН ДЖОУЛЯ – Количество тепла, выработанное постоянным током в любой части электрической цепи, пропорционально сопротивлению и квадрату тока
59.	ZAMINLANGAN MOTOR	GROUNDING MOTOR A motor with an electrical connection between the motor frame and ground.	ЗАЗЕМЛЕННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – двигатель, имеющий электрическую связь между корпусом и землей
60.	ZICHLIK	DENSITY – an amount of something divided by a volume it occupies	ПЛОТНОСТЬ – количество чего-либо, деленное на занимаемый объем
61.	IZOLYASION MATERIAL	INSULATOR A material which tends to resist the flow of electric current (paper, glass, etc.). In a motor the insulation serves two basic functions: 1 Separates the various electrical components from one another 2 It protects itself and the electrical components from attack of contaminants and other destructive forces.	ИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ – материал, которому свойственно сопротивление электрическому полю (бумага, стекло и др.). В двигателе изоляция выполняет две основные функции: 1 отделяет различные электрические части друг от друга. 2 Защищает себя и электрические части от действия загрязняющих веществ и разрушающих сил
62.	IZOLYASIYA	INSULATION – the material used to restrict heat flow between two regions	ИЗОЛЯЦИЯ – материал, используемый для сдерживания потока тепла между двумя зонами
63.	IKKI QUTBLI ELEKTRODLAR	BIPOLAR PLATES allows electricity to be conducted between adjacent individual fuel cells. They are often designed to channel the flow of gases and heat to and from the cell.	БИПОЛЯРНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ пропускают электричество, которое необходимо пропустить между смежными отдельными топливными элементами. Они часто проектируются для проведения потока газа или тепла к и от элемента
64.	IKKI XILLIK KUCHLANISH	DUAL VOLTAGE Some motors can operate on two	ДВОЙСТВЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ Некоторые



		different voltages, depending upon how it is built and connected.	двигатели могут работать при двух различных напряжениях, в зависимости от того, как они сконструированы и подсоединены.
65.	IKKI XILLIK MOMENT	DUAL TORQUE – a dual speed motor with torque values that vary with speed	ДВОЙСТВЕННЫЙ МОМЕНТ – двухскоростной двигатель, значение момента которого меняется в зависимости от скорости
66.	IKKILAMCHI CHO'LG'AM	SECONDARY WINDING – a winding which is not connected to the power source, but which carries current induced in it through its magnetic linkage with the primary winding.	ВТОРИЧНАЯ ОБМОТКА – обмотка, не подсоединенная к источнику энергии, но проводящая ток, индуцированный в нем чрез его магнитное потокосцепление с первичной обмоткой
67.	IQLIM	CLIMATE – prevailing or average weather conditions of a geographic region	КЛИМАТ – преобладающие или средние погодные условия географического региона
68.	INVERTOR	INVERTER – an electronic device that converts fixed frequency and fixed voltages to variable frequency and voltage. Enables the user to electrically adjust the speed of an AC motor.	ИНВЕРТОР – электронное устройство, преобразующее постоянную частоту и напряжение в переменные. Дает возможность регулировать скорость двигателя переменного тока
69.	INDIVIDUAL ELEKTR YURITMA	SINGLE ELECTRIC (UNIT) DRIVE – electric drive that provides motion of only one mechanism	ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД (ОДНОДВИГАТЕЛЬНЫЙ) – электропривод, который обеспечивает движение только одного механизма
70.	INDUKTIV GENERATOR	INDUCTION GENERATOR – a device that converts the mechanical energy or rotation into electricity based on electromagnetic induction.	ИНДУКТИВНЫЙ ГЕНЕРАТОР – устройство, преобразующее механическую энергию вращения в электричество, основываясь на явлении электромагнитной индукции.
71.	INDUKTIVLIK	INDUCTANCE – the characteristic of an electric circuit by which varying current in it produces a varying magnetic field which causes voltages in the same circuit or in	ИНДУКТИВНОСТЬ – характеристика электрической цепи, с которой переменный ток создает переменное магнитное поле, наводящее напряжение в той же или близлежащей цепи

		a nearby circuit.	
72.	INDUKTOR	INDUCTOR – a part of magnetic circuit of machine including exciting winding	ИНДУКТОР – часть магнитной цепи электрической машины, содержащая обмотку возбуждения
73.	ISROFLAR	LOSSES A motor converts electrical energy into a mechanical energy and in so doing, encounters losses. These losses are all the energy that is put into a motor and not transformed to usable power but are converted into heat causing the temperature of the windings and other motor parts to rise.	ПОТЕРИ Двигатель в процессе преобразования электроэнергии в механическую энергию сталкивается с потерями. Потери – это вся энергия, потребленная двигателем, но преобразованная не в полезную мощность, а в тепло, нагревающее обмотки и другие части двигателя
74.	ISSIQLIK	HEAT – a form of energy transfer associated with the motion of atoms and molecules.	ТЕПЛО – вид передачи энергии, связанной с движением атомов и молекул
75.	ISSIQLIK XIMOYASI	THERMAL PROTECTOR –an inherent overheating protective, when properly applied to a motor, protects the motor against dangerous overheating due to overload or failure to start.	ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА – неотъемлемое устройство, защищающее работающее устройство от перегрева, при правильном применении защищает двигатель от опасного перегрева из-за перегрузки или повреждения при пуске
76.	ISTE'MOLCHI TARIFI	CUSTOMER CLASS – categories of energy consumers, as defined by consumption or demand levels, patterns and conditions, and generally included residential, commercial, industrial and agricultural	ТАРИФ ПОТРЕБИТЕЛЯ – категории потребителя энергии, определенная степень потреблением и расхода, характеристики и условия, в основном включают в себя бытовой, коммерческий, промышленный и сельскохозяйственный
77.	ISH	NO-LOAD – motion of mechanism or machine when useful operation is not performed	Холостой ход – движение механизма или машины, при котором не совершается полезная работа
78.	ISH	WORK – the product of the distance an object is moved times the force operating in the direction that the object moves. The metric unit is a joule.	РАБОТА – произведение расстояния пройденного объектом, и силы, действующей в направлении, в котором он движется. Единица измерения – Джоуль

79.	ISH SIKLI	DUTY CYCLE – the relationship between the operating and rest times or repeatable operation at different loads.	РАБОЧИЙ ЦИКЛ – соотношение между рабочим временем и временем покоя при различных нагрузках.
80.	ISHGA TUSHIRUVCHI MOMENT	STARTING TORQUE – the torque or twisting force delivered by a motor at the instant it is energized. Starting torque is often higher than rated running or full load torque.	ПУСКОВОЙ МОМЕНТ – момент крутящей силы, развиваемый двигателем в момент его включения. Пусковой момент чаще всего намного больше чем при номинальной или полной нагрузке
81.	ISHLAB CHIKARUVCHANLIK	CAPABILITY - the maximum load that a generating unit, generating station or other electrical apparatus can carry under specified conditions for a given period of time without exceeding approved limits of temperature and stress	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ (ПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ) – максимальная нагрузка, которую может выдержать генерирующая ячейка, станция или другой электрический аппарат при определенных условиях в данный период времени без превышения утвержденных пределов температуры и напряжения
82.	ISHLAB CHIKARUVCHANLIK	CAPACITY – the amount of electric power for which a generating unit, generating station or other electrical apparatus is rated either by the user or manufacturer	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ – величина электрической мощности, установленная для генерирующей ячейки, станции или другого электрического аппарата пользователем или производителем
83.	KALORIYA	CALORIE – the amount of heat required to raise the temperature of one gram of water by one degree Celsius.	КАЛОРИЯ – количество тепла, необходимое для роста температуры одного грамма воды на один градус по Цельсию
84.	KATOD	CATHODE – the electrode in a cell where reduction occurs.	КАТОД – электрод, где происходит окисление
85.	KELVIN	Kelvin (K) – a unit of temperature based on a freezing point of water of 273 and a boiling point of water 373.	КЕЛЬВИН (К) – единица измерения температуры, основанная на точке замерзания воды 273 и точке кипения воды 373
86.	KILOVATT SOAT (kVts)	KILOWATT HOUR (kWh) – the most commonly used unit of measure telling the amount of	КИЛОВАТТ ЧАС (кВтч) – чаще всего используемая единица измерения, представляющая

		electricity consumed over time. It means one kilowatt of electricity supplied for one hour	количество электричества, потребленного во времени. Означает кВт электричества, потребленного за час
87.	KILOVOLT AMPER (kVA)	KILOVOLT AMPERE (kVA) – a unit of apparent power, the mathematical product of the volts and amperes in electrical circuit; equal to 1000 volt ampere	КИЛОВОЛЬТ АМПЕР (кВА)– единица измерения кажущейся мощности, математическое произведение вольтов и ампер в электрической цепи, равно 1000 вольт ампер
88.	KINETIK ENERGIYA	KINETIC ENERGY – energy due to the motion. Numerically, it is one half of product of the mass of a body times the square of its speed ( $E_k=1/2mv^2$ )	КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ – энергия, возникающая при движении. Численно она равна половине произведения массы тела на квадрат его скорости
89.	KODENSATSIYA	CONDENSATION – the change of state of a vapour to a liquid.	КОНДЕНСАЦИЯ – изменение состояния пара в жидкость.
90.	KOLLEKTOR	COMMUTATOR – a cylindrical device mounted on the armature shaft and consisting of a number of wedge-shaped copper segments arranged around the shaft (insulated from it and each other). The motor brushes ride on the periphery of the commutator and electrically connect and switch the armature coils to the power source.	КОЛЛЕКТОР – цилиндрическое устройство, установленное на валу якоря и состоящее из клиновидных медных пластин, установленных вокруг вала (отделенных друг от друга). Щетки двигателя вращаются по окружности коллектора и электрически соединяют и переключают обмотки якоря к источнику энергии
91.	KOMPENSATOR	COMPENSATOR – for $\cos\phi$ increasing and automatical control of voltage in power network	КОМПЕНСАТОР – предназначен для повышения $\cos \phi$ и регулирования напряжения в электрических сетях
92.	KOMPRESSOR	COMPRESSOR – a machine for liquid or gas compression to positive pressure not lower then 0.015 MPa	КОМПРЕССОР – машина для сжатия воздуха или газа до избыточного давления не ниже 0,015 МПа
93.	KONVEYER	CONVEYOR – a continuous action machine for transporting of granular, lumpy or peace cargos	КОНВЕЙЕР – машина непрерывного действия для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов
94.	KONVEKSIYA	CONVECTION – transferring heat by moving air, or transferring heat by means of upward motion of particles of	КОНВЕКЦИЯ – перенос тепла движущимся воздухом, или перенос тепла посредством восходящего передвижения тепла частиц жидкости или газа

		liquid or gas heat from beneath	снизу вверх
95.	KONDENSATOR	CAPACITOR – a device which, when connected in an alternating-current circuit, causes the current to lead the voltage in time phase; used in single- phase motors to start, or in three-phase motors for power factor correction.	КОНДЕНСАТОР – устройство, которое при присоединении к цепи переменного вызывает опережение током напряжение по фазе времени; используется для пуска однофазных двигателей и коррекции коэффициента мощности трехфазных двигателей
96.	KONDENSATOR	CONDENSER - a device at the exit of a steam turbine used to extract heat from water vapour condensing to a liquid.	КОНДЕНСАТОР – устройство на выходе паровой турбины, используемое для выделения тепла из водяного пара, конденсируемого в жидкость
97.	KONDENSATORLI MOTOR	CAPACITOR MOTOR – a single-phase induction motor with a main winding arranged for direct connection to the power source, and an auxiliary winding connected in series with a capacitor.	КОНДЕНСАТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – однофазный асинхронный двигатель с главной обмоткой приспособленной к прямому соединению к источнику энергии, а вспомогательная обмотка – параллельно с конденсатором
98.	KONTROLLER	CONTROLLER – electric apparatus with a great quantity of contacts, which commutate a power circuit of equipment; used for starting, speed regulation, reverse and electric braking of DC and AC motors by switching of their windings or by connection of resistances to winding circuits	КОНТРОЛЛЕР – электрический аппарат с большим числом контактов, коммутирующих силовые цепи электрооборудования; применяется для пуска, регулирования скорости, реверса и электрического торможения электродвигателей постоянного и переменного тока переключением их обмоток или включением сопротивлений в цепи обмоток
99.	KORPUS	FRAME – the supporting structure for the stator parts of an AC motor. In a DC motor, the frame usually forms a part of the magnetic coil.	КОРПУС - опорная конструкция частей статора двигателя переменного тока. В двигателях постоянного тока корпус обычно составляет часть магнитной обмотки
100.	KORROZIYA	CORROSION – dissolution and wearing away of metal caused by a chemical reaction with	КОРРОЗИЯ – разложение и износ металла, вызванное химической реакцией с водой, химическими веществами и

		water, chemicals or other metals	другими металлами
101.	KRAN	CRANE – hoisting machine, operating in short-term recurrent cycles	КРАН – грузоподъемная машина, работающая кратковременными повторяющимися циклами
102.	KUVVAT	POWER – the time rate of doing work or consuming or generating energy	МОЩНОСТЬ – скорость производства работы или потребления или выработки энергии
103.	KULON	COULOMB (C) - the metric unit of electric charge.	КУЛОН – единица измерения электрического заряда.
104.	KUCH QURILMASI	POWER PLANT - a device capable of generating electrical power for use elsewhere. It may also generate useful heat.	СИЛОВАЯ УСТАНОВКА – устройство, способное выработать электроэнергию для потребления в каком-либо другом месте. Она также может вырабатывать полезное тепло
105.	KUCHLANISH	VOLTAGE - the force that causes a current to flow in an electrical circuit. Voltage is a popular expression for potential difference	НАПРЯЖЕНИЕ – сила, вызывающая движение тока в электрической цепи, Напряжение – популярное выражение разности потенциалов
106.	KUCHLANISH PASAYISHI	VOLTAGE DROP caused by the resistance in conductor.	ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ – обусловлено активным сопротивлением проводника
107.	KUCHLANISH ROSTLAGICHI	VOLTAGE REGULATOR - a device that controls the operating voltage	РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ – устройство управления рабочим напряжением
108.	KUSHIMCHA USKUNALAR	AUXILIARY EQUIPMENT – the extra machinery needed to support the operation of a power plant or other large facility	ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ – дополнительные механизмы, необходимые для поддержки функционирования силовой установки или другого большого оборудования
109.	QARSHILIK	RESISTANCE – the degree of obstacle presented by a material to the flow of electric current, measured to Ohms.	СОПРОТИВЛЕНИЕ – степень препятствия, оказываемая материалом потоку электрического тока, измеряется в Омах
110.	QARSHILIK ELEKTR PECHLARI	RESISTOR FURNACE – electric furnace in which the heat emitted while electric current passes through conductor	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕЧЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ – электрическая печь, в которой используется теплота,

		with resistance is used	выделяющаяся при прохождении электрического тока через проводники с активным электрическим сопротивлением
111.	QISQA TUTASHUV	SHORT-CIRCUIT – a defect in a winding which causes part of the normal electrical circuit to be bypassed. This frequently results in reducing the resistance or impedance to such an extent as to cause overheating of the winding and subsequent burnout.	КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ – повреждение обмотки, которое является причиной переключения электрической цепи на коротко. Это часто приводит к понижению активного и полного сопротивления до такой степени, что вызывает перегрев обмотки с последующим перегоранием
112.	QUVVAT KOEFFITSIENTI	POWER FACTOR A measurement of the time phase difference between the voltage and current in an AC circuit. It is represented by the Cos of the angle of this phase difference.	КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ – измерение временного сдвига фаз между напряжением и током в цепи переменного тока. Он выражается косинусом угла этого сдвига фаз
113.	QESH KOLLEKTORI	SOLAR COLLECTOR - a device which absorbs solar radiation, converts it into heat and passes this heat on to a heat transfer fluid.	СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР – устройство, поглощающее солнечную радиацию, преобразует в тепло и проводит это тепло к теплопроводящей жидкости
114.	QESH ELEMENTI	SOLAR CELL - a popular name for a photovoltaic cell.	СОЛНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ – распространенное название фотоэлемента с запирающим слоем
115.	MAGNIT MAYDON	MAGNETIC FIELD - is a region of space where the pole as a magnet or a moving charge feels a force.	МАГНИТНОЕ ПОЛЕ – зона пространства, где полюс как в качестве магнита или движущийся заряд испытывает на себе силу
116.	MAGNIT MAYDONI	MAGNETIC FIELD – invisible lines of force which surround all magnets and which pass from the north pole to the south pole of the magnet	МАГНИТНОЕ ПОЛЕ – невидимые силовые линии, окружающие все магниты и проходящие с северного к южному полюсу магнита
117.	MAYDON	FIELD – a term commonly used to describe the stationary (stator) member of a DC motor. The field provides the magnetic field with which the mechanically rotating (armature or rotor)	ПОЛЕ – термин, использующийся главным образом для представления неподвижной части (статора) двигателя переменного тока. Это поле создает магнитное поле, с которым взаимодействует

		member interacts.	механически-вращающаяся часть (якорь или ротор)
118.	MARKAZDAN QOCHUVCHI NASOS	CENTRIFUGAL PUMP – an impeller pump? In which liquid is transported from the centre to a circumference of rotating impeller	ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ НАСОС - лопастный насос, в котором жидкость перемещается от центра к периферии вращающегося рабочего колеса
119.	MARKAZDAN QOCHUVCHI O'CHIRGICH	CENTRIFUGAL CUTOUT SWITCH - a centrifugally operated automatic mechanism used in conjunction with split phase and other types of single-phase induction motors. Centrifugal cut-out switches will open or disconnect the starting winding when the rotor has reached a predetermined speed and reconnect it when the motor speed falls below it. Without such a device, the starting winding would be susceptible to rapid overheating and subsequent burnout.	ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ – центробежно вращающийся механизм, используемый в сочетании с двигателями с расщепленной фазой и с другими типами однофазных асинхронных двигателей. Центробежные выключатели разъединяют пусковую обмотку, когда ротор достигает заданной скорости и переключает ее, когда скорость двигателя падает ниже заданной. Без такого устройства пусковая обмотка была бы восприимчива к быстрому перегреву и последующему перегоранию
120.	MASSA	MASS – the measure of an object's resistance to acceleration.	МАССА – мера противодействия объекта ускорению
121.	MIKROMETR	MICROMETER ( $\mu\text{m}$ ) - one millionth ( $10^{-6}$ ) of a meter. Sometimes called a micron.	МИКРОМЕТР – $10^{-6}$ метра. Иногда называется микроном
122.	MINUTIGA AYLANISHLAR SONI	RPM (Revolutions Per Minute) – the number of times per minute the shaft of the motor (machine) rotates. This is a function of design and the power supply.	ОБОРОТЫ В МИНУТУ – количество оборотов вала двигателя (машины) в минуту. Зависит от построения и энергоснабжения
123.	MOLEKULA	MOLECULE – a bound system of two or more atoms	МОЛЕКУЛА – связанная система двух и более атомов
124.	MOMENT	TORQUE - turning force delivered by a motor or gearmotor shaft	МОМЕНТ – крутящий момент, вырабатываемый двигателем или валом редукторного двигателя
125.	MOSLASHISH	ADAPTATION – an ability of technical device or systems for adapt to changes of environmental conditions, own	АДАПТАЦИЯ – способность технического устройства или систем приспособливаться к изменениям условий



		structure or functioning algorithm, that leads to increase of operating efficiency; adaptation especially is peculiar to automatic control systems	окружающей среды, собственной структуры или алгоритма функционирования, что приводит к повышению эффективности их работ; адаптация особенно свойственна системам автоматического управления
126.	MOTOR	ELECTRIC MOTOR A device that takes electrical energy and converts it into mechanical energy to turn a shaft.	ДВИГАТЕЛЬ – устройство, потребляющее электроэнергию и преобразующее ее в механическую энергию для вращения вала
127.	MOTOR	MOTOR – is a machine supplied with electrical energy that is converted into mechanical energy	ДВИГАТЕЛЬ – машина, снабжаемая электрической энергией преобразующая ее в механическую
128.	MOTOR TEZLIGI	MOTOR SPEED – the number of revolutions that the motor turns in a given time period (i.e. evolutions per minute, rpm)	СКОРОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ – число оборотов, производимых двигателем за определенный промежуток времени (т.е. обороты в минуту)
129.	MOTORNING FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI	EFFICIENCY OF A MOTOR – the ratio of electrical input to mechanical output. It represents the effectiveness with which the motor converts electrical energy into mechanical energy.	КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ДВИГАТЕЛЯ – отношение входной электрической величины к выходной механической. Выражает эффективность, с которой двигатель преобразует электрическую энергию в механическую
130.	MUFTA	COUPLING – the mechanical connector joining the motor shaft to the equipment to be driven.	МУФТА – механический зажим, соединяющий вал двигателя и приводимое оборудование
131.	NEOTERMAL ENERGIYA	GEOHERMAL ENERGY – the thermal energy in the earth's crust.	ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ – тепловая энергия земной коры
132.	NYUTON	Newton (N) – a metric unit of force, representing the force required to accelerate one kilogram, at one meter per second, each second.	НЬЮТОН (Н) – единица силы, соответствующая силе, необходимой для ускорения тела массой в один килограмм на один метр в секунду
133.	OG'IRLIK	Weight – the force of gravity on a mass. Numerically, weight is	ВЕС – сила гравитации, действующая на массу. Численно

		equal to the product of mass and acceleration due to gravity ( $W=mg$ ). The units are Newtons (metric) and pounds (British).	равна произведению массы и ускорения свободного падения. Единица измерения – Ньютон
134.	OQIM	FLUX – the magnetic field which is established around an energized conductor or permanent magnet. The field is represented by flux lines between opposite poles. The density of the flux lines is a measure of the strength of the magnetic field.	ПОТОК – магнитное поле, создаваемое вокруг проводника с током или постоянного магнита. Поле характеризуется линиями потока между противоположными полюсами
135.	OM	OHM – the unit of electrical resistance. If a potential difference of 1 volt across some electrical element causes a current of 1 ampere, the electrical resistance is 1 ohm ( $R=V/I$ ).	ОМ – единица измерения электрического сопротивления. Если разность потенциалов в 1 В вдоль какого-либо электрического элемента вызывает ток в 1 А, то его сопротивление равно 1 Ому ( $R=V/I$ ).
136.	OM QONUNI	OHM'S LAW – if the electrical resistance of a device does not depend on the current in the device, then it is said to obey Ohm's law.	ЗАКОН ОМА – если электрическое сопротивление устройства, то говорится, что оно подчиняется закону Ома
137.	ORTICHA YUKLAMA	OVERLOAD – to exceed the design capacity of a device	ПЕРЕГРУЗКА – превышение расчетной мощности устройства
138.	OT KUCHI	HORSEPOWER – a unit for measuring the rate doing work. 1 horse power equals about three-fours of a kilowatt (9745.7 watts)	ЛОШАДИНАЯ СИЛА – единица измерения скорости произведения работы. 1 лошадиная сила равна $\frac{3}{4}$ кВт (9745,7 Вт)
139.	OCHIQ BOSHQARISH TIZIMI	OPEN-LOOP CONTROL SYSTEM - automatic control system with open loop ( without feedback), control signal is produced	Разомкнутая система управления – система автоматического управления без обратной связи; управляющее воздействие вырабатывается устройством управления обычно по заданной программе
140	PODSHIPNIK KACHENIYA	ANTI-FRICTION BEARING – a bearing utilizing rolling elements between the stationary and rotating assemblies.	ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ – подшипник, использующий вращающиеся детали между неподвижным и вращающимся узлами

141.	PODSHIPNIKLAR	BEARINGS – reduce friction and wear while supporting rotating elements. When used in a motor, they must provide a relatively rigid support for the output shaft. Bearings act as the connection point between the rotating and stationary elements of a motor. There are various types such as roller, ball, sleeve (journal) etc.	ПОДШИПНИКИ – уменьшают трение и износ при поддержке вращающихся частей. При использовании в двигателях они должны обеспечивать соответственно жесткую крепь для выходного вала. Подшипники действуют как точка соединения между вращающимися и неподвижными частями двигателя. Существуют различные типы подшипников: роликовые, шариковые, скольжения и др.
142.	PODSHIPNIKNING ISHLATISH MUDDATI	BEARING LIFE – the life in hours or revolutions in which 90% of the bearings will obtain.	ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОДШИПНИКА – срок службы в часах или оборотах, за который подшипники будут применяться
143.	POTENSIALLAR FARKI	DIFFERENCE OF POTENTIAL – the difference in electrical voltage between any two points in an electrical system	РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ – разность электрического напряжения между любыми двумя точками в электрической системе
144.	POTENSIYAL ENERGIYA	Potential energy – is the energy that is potentially convertible to another form of energy, usually kinetic	ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ – энергия, потенциально обратимая в другие виды энергии, обычно кинетическую
145.	PROVOD	WIRE – a generic term for an electrical conductor	ПРОВОД – характерный термин, применяемый для электрического проводника
146.	RADIATOR	COOLER – a device lowering a temperature of cooling fluid or oil	РАДИАТОР – устройство для снижения температуры охлаждающей жидкости или масла
147.	REAKTIV KUVVAT	REACTIVE POWER – the electrical power that oscillates between the magnetic field of an inductor and the electrical field of a capacitor. Reactive power is never converted to non-electrical power. Expressed as reactive volt-amperes	РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ – электрическая мощность, колеблющаяся между магнитными полями катушки индуктивности и конденсатора. Реактивная мощность никогда не преобразуется в неэлектрические виды энергии. Выражается в вольт ампер
148.	REAKTIV QARSHILIK	REACTANCE (INDUCTIVE) The characteristic of a coil when	Реактивное сопротивление (индуктивное) – характеристика

		connected to alternating current, which causes the current to lag the voltage in time phase. The current wave reaches its peak later than the voltage wave reaches its peak.	сердечника, подключенного к переменному току, которое вызывает отставание тока от напряжения. Ток достигает амплитуды после напряжения
149.	REKUPERATIV TORMOZLASH	REGENERATIVE BRAKING – electric braking, while which mechanic energy coming to shaft is converting to electric and (besides losses in electric drive) returned to the energy supply	Рекуперативное торможение – электрическое торможение, при котором поступающая на вал электродвигателя механическая энергия преобразуется в электрическую и (за вычетом потерь в самом электроприводе) возвращается в питающую сеть
150.	ROSTLANMAYDIG AN ELEKTR YURITMMA	CONSTANT SPEED ELECTRIC DRIVE – electric drive with constant angular velocity, three-phase inductive or synchronous motors are used in constant speed drive	НЕРЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – электропривод с постоянной угловой скоростью, в нерегулируемом электроприводе применяются трехфазные асинхронные или синхронные электродвигатели
151.	ROSTLANUVCHAN ELEKTR YURITMA	CONTROLLED VELOCITY ELECTRIC DRIVE – electric drive with variable angular speed, DC motors and AC motors are generally used in controlled velocity drives	РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – электропривод с изменяемой угловой скоростью, в регулируемом электроприводе используются главным образом электродвигатели постоянного тока, реже электродвигатели переменного тока
152.	ROSTLANUVCHAN YURITMA	ADJUSTABLE SPEED ELECTRIC DRIVE – an electric drive with variable angular velocity (rotation frequency). Generally DC motors and rarely AC motors are used in adjustable speed electric drive, they usually are regenerative	РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – электропривод с изменяемой угловой скоростью (частотой вращения). В регулируемом электроприводе используются главным образом электродвигателями постоянного тока, реже электродвигателями переменного тока, они обычно рекуперативные
153.	ROTOR	ROTOR – the rotating member of an induction motor made up of stacked laminations.	РОТОР – вращающаяся часть асинхронного двигателя, собранная из состыкованных пластин.

154.	ROTOR MOMENTI	ROTOR TORQUE – the moment produced by a rotor about this axis	МОМЕНТ РОТОРА – момент, развиваемый ротором, вокруг своей оси
155.	ROTORING INERSIYASI	INERTIA OF THE ROTOR – is its resistance at rest to being set in motion and the resistance of a rotor of a rotor in motion to any change in its speed or direction	ИНЕРЦИЯ РОТОРА – сопротивление ротора, находящегося в покое, движению, или вращающегося ротора – любому изменению скорости или направления движения
156.	SINUSOIDAL TOK	SINUSOIDAL CURRENT – a periodic current, changing by sinusoidal law	СИНУСОИДАЛЬНЫЙ ТОК – периодический ток, изменяющийся по синусоидальному закону
157.	SINXRON MOTOR	SYNCHRONOUS MOTOR – a motor which operates at a constant speed up to full load. The rotor speed is equal to the speed of the rotating magnetic field of the stator - there is no slip. There are two major synchronous motor types: reluctance and permanent magnet. A synchronous motor is often used where the exact speed of a motor must be maintained.	СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – двигатель, работающий на постоянной скорости до полной нагрузки. Скорость ротора равна скорости вращающегося магнитного поля – т.е. скольжение равно нулю. Существует два главных типа синхронных двигателей: с магнитным сопротивлением и постоянным магнитом. Синхронный двигатель часто применяется там, где должна поддерживаться точная скорость.
158.	SINXRON MOTOR	SYNCHRONOUS MOTOR – a motor which operates at a constant speed up to full load. The rotor speed is equal to the speed of the rotating magnetic field of the stator - there is no slip. There are two major synchronous motor types: reluctance and permanent magnet. A synchronous motor is often used where the exact speed of a motor must be maintained.	СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – двигатель, работающий на постоянной скорости до полной нагрузки. Скорость ротора равна скорости вращающегося магнитного поля – т.е. скольжение равно нулю. Существует два главных типа синхронных двигателей: с магнитным сопротивлением и постоянным магнитом. Синхронный двигатель часто применяется там, где должна поддерживаться точная скорость.
159.	SINXRON ELEKTR MASHINA	SYNCHRONOUS ELECTRIC MACHINE – AC motor (usually three-phase) in which stator's and rotor's angular speeds of magnetic field rotation are equal	СИНХРОННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА – электрическая машина переменного тока (обычно трехфазная), у которой угловые

		to each other	скорости вращения магнитного поля и ротора равны между собой и кратны частоте тока электрической сети
160.	SIRPANISH PODSHIPNIKI	SLEEVE BEARINGS – a type of bearing with no rolling elements, where the motor shaft rides on a film of oil.	ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ – тип подшипника без вращающихся элементов, вал двигателя вращается по слою смазки
161.	SIFAT BELGISI	CE - designation showing that a product such as a motor or control meets European Standards for safety and environmental protection. A CE mark is required for products used in most European countries.	ЗНАК КАЧЕСТВА – маркировка, показывающая, что изделия, такие как двигатель или управление, соответствуют Европейским Стандартам безопасности и защиты окружающей среды. Знак CE требуется для изделий, употребляемых во многих европейских странах
162.	SONIYADAGI AYLANISHLAR	CYCLES PER SECOND (HERTZ) – one complete reverse of flow of alternating current per rate of time. A measurement unit 60 Hz (cycles per second)	ОБОРОТЫ В СЕКУНДУ (Гц) – одно полное изменение полярности потока переменного тока за единицу времени
163.	SONIYADAGI AYLANISHLAR	CYCLES PER SECOND (HERTZ) – one complete reverse of flow of alternating current per rate of time. A measurement unit 60 Hz (cycles per second)	ОБОРОТЫ В СЕКУНДУ (Гц) – одно полное изменение полярности потока переменного тока за единицу времени
164.	STATOR	STATOR – that part of an AC induction motor's magnetic structure which does not rotate. It usually contains the primary winding. The stator is made up of laminations with a large hole in the centre in which the rotor can turn; there are slots in the stator in which the windings for the coils are inserted.	СТАТОР – не вращающаяся часть магнитной структуры двигателя переменного тока. Он обычно вмещает первичную обмотку, Статор выполняется из пластин с большим отверстием посередине, в котором может вращаться ротор, в статоре расположены пазы, в которые вставляются обмотки катушек
165.	TARKUTUVCHI SISTEMA (ELEKTR ENERGIYASINI ETKAZUVCHI KORXONA)	DISTRIBUTION SYSTEM (ELECTRIC UTILITY) – the substations, transformers, and lines that convey electricity from high power transmission lines to	РАСПРЕДЕЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА (ПОСТАВЩИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ) – подстанции, трансформаторы и линии передачи энергии от высоковольтных линий передач к

		ultimate consumers	потребителям (бытовым)
166.	TAXOMETR	TACHOMETER (Revolution counter) – a small generator normally used as a rotational speed sensing device. Tachometers are attached to the output shaft of DC or AC variable-speed motors requiring close speed regulation. The tachometer feeds its signal to a control which adjusts its output to motor (see "closed loop control system").	ТАХОМЕТР (счетчик оборотов) – маленький генератор, обычно используемый в качестве устройства, считывающего скорость вращения. Тахометр присоединяется к выходному валу двигателя постоянного или переменного тока с переменной скоростью. Тахометр подает сигнал на контролирующее устройство, отсылающее свой выходной сигнал двигателю (см. “замкнутая система управления”)
167.	TEZLANISH	ACCELERATION – the time rate of change of velocity.	УСКОРЕНИЕ – изменение скорости во времени
168.	TEZLIK	RATE – a change in a quantity divided by the time required to produce the change	СКОРОСТЬ – количественное изменение, деленное на время, потраченное на это изменение
169.	TEZLIK	SPEED – is the distance traveled divided by the time required to achieve that distance.	СКОРОСТЬ – отношение пройденного пути ко времени, затраченному на прохождение этого пути.
170.	TEZLIK	SPEED of the motor refers to the RPMs (revolutions per minute) of the shaft. For a three-phase AC motor the synchronous speed = 120 x frequency	СКОРОСТЬ двигателя измеряется в оборотах вала за минуту. Для трехфазного двигателя переменного тока скорость = 120 x частота.
171.	TEZLIK	VELOCITY – the displacement of an object divided by the time required to achieve the displacement. It is distinguished from speed by accounting for the direction of the displacement.	СКОРОСТЬ – перемещение объекта, поделенное на время, потраченное для перемещения, отличается от скорости (вращения) направлением перемещения
172.	TEZLIKNI ROSTLASH	SPEED CONTROL – automatic keeping of constancy or changing by prescribed law of electric machine speed	РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ – автоматическое поддержание постоянства или изменения по заданному закону скорости электрической машины
173.	TEMPERATURA	TEMPERATURE – a degree of hotness measured on one of several arbitrary scales based on some observable phenomenon (such as expansion)	ТЕМПЕРАТУРА – степень нагрева, измеренная по одной из произвольных шкал, основанных на нескольких наблюдаемых феноменах (например расширение)

174.	TERMAL ENERGIYA	THERMAL ENERGY – the random kinetic energy of an atom or molecule that is numerically equal to $3/5kT$ , where $k$ is the Boltzmann constant and $T$ is the Kelvin temperature.	ТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ – хаотическая энергия атома или молекулы, численно равная $3/5kT$ , где $k$ – постоянная Больцмана, а $T$ – температура в градусах Кельвина
175.	TERMODINAMIKA	THERMODYNAMICS – the science of the relationship between heat and other forms energy.	ТЕРМОДИНАМИКА – наука, изучающая взаимосвязь между тепловой и другими видами энергии
176.	TERMOPARA	THERMOCOUPLE – a temperature detecting device made of two dissimilar metals which generates a voltage as a function of temperature. Thermocouples can be attached to a meter or alarm to detect overheating of motor windings or bearings.	ТЕРМОПАРА – устройство измерения температуры, составленное из двух разных металлов, генерирующих напряжение в зависимости от температуры
177.	TESKARI BOG‘LANISH	FEEDBACK – the return of a portion of the output of any process or system to its input.	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ – возвращение части выходного сигнала какого-либо процесса или системы к входу
178.	TESKARI ULASH BILAN TORMOZLASH	PLUG REVERSAL – a reconnecting a motor's winding in reverse to apply a reverse braking torque to its normal direction of rotation while running.	ТОРМОЖЕНИЕ ПРОТИВОВКЛЮЧЕНИЕМ – переключение обмоток двигателя для применения реверсивного тормозного момента при вращении.
179.	TESKARI EYUK	COUNTER ELECTROMOTIVE FORCE (CEMF) – the induced voltage in a motor armature caused by conductors moving through field magnetic flux. This induced voltage opposes the armature current and tends to reduce it.	ПРОТИВО ЭДС – индуцированное напряжение в якоре двигателя, вызванное движением проводников через поток магнитного поля. Это индуцированное напряжение противодействует току якоря и приводит к его ослаблению
180.	TEKNOLOGIYA	TECHNOLOGY – methods’ set of treatment producing, changing of state, properties, shape of row, material or semifinished item in process of finished item production	ТЕХНОЛОГИЯ – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства для получения готовой продукции



181.	TESHIK	HOLE – the vacancy where an electron would normally exist in a solid; behaves like a positively charged particle	ДЫРКА – вакансия в твердом теле, где может находиться электрон, ведет себя как положительно заряженная частица
182.	TIKLANUVCHI ENERGIYA RESURSLARI	RENEWABLE ENERGY SOURCES – are resources that constantly renew themselves or that are regarded as practically inexhaustible. These include solar, wind, geothermal, hydro and etc.	ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – самовосстанавливающиеся или рассматриваемые как практически неисчерпаемые источники энергии. Сюда относятся солнечная, ветровая, геотермальная, гидроэнергия и др.
183.	TIRISTOR	THYRISTOR – semiconductor device made on the base of silicon monocrysral with four-ply p-n-p-n type structure, have a properties of controlled electric rectifier	ТИРИСТОР – полупроводниковый прибор, выполненный на основе монокристалла кремния, с четырехслойной структурой типа p-n-p-n, обладает свойствами управляемого электрического вентиля
184.	TIRKAMA MUFTA	CLUTCH – a mechanical device for engaging and disengaging a motor. It is often used when many starts and stops are required.	МУФТА СЦЕПЛЕНИЯ – механическое устройство для зацепления и отцепления двигателя. Оно часто используется, когда необходимы частые пуски и остановки
185.	TOJ BOSHLANISH KUCHLANISHI	CIV (Corona Inception Voltage) – the minimum voltage amount that begins the process of ionization (corona) of motor windings.	ПОРОГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ КОРОНЫ – минимальная величина напряжения, с которой начинается процесс ионизации (корона) обмоток двигателя
186.	TOJI	CORONA – the electrical discharge breakdown of a winding through the application of excessive voltage.	КОРОНА – электрический разрядный пробой обмотки под действием перенапряжения
187.	TORMOZLANISH YO'LI	BRAKING DISTANCE – a distance that machine run in period from the braking beginning down to a standstill	ТОРМОЗНОЙ ПУТЬ – расстояние, пройденное машиной за время от начала торможения до полной остановки
188.	TORMOZLASH	ELECTRIC MOTOR BRAKING – braking of electric motor by creating of braking electromagnetic torque	ТОРМОЖЕНИЕ – торможение электродвигателя путем создания тормозного электромагнитного момента

189.	TORMOZLASH MOMENTI	BRAKING TORQUE – the torque required to bring a motor down to a standstill; The term is also used to describe the torque developed by a motor during dynamic braking conditions.	ТОРМОЗНОЙ МОМЕНТ – момент необходимый для приведения двигателя; термин также используется для выражения момента, развиваемого двигателем в условиях торможения
190.	TOSH-KUMIR GAZI	COAL GAS - a fuel produced by heating coal. It will contain much higher levels of carbon monoxide than would be seen in natural or liquefied petroleum gas.	КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ГАЗ – топливо, производимое посредством нагрева угля. Он содержит намного большую степень окиси углерода, чем природный или сжиженный нефтяной газ
191.	TRANSFORMATOR	TRANSFORMER – an electromagnetic device which converts electrical power (alternating current) to electrical power of a different AC voltage. In this device, both primary and secondary windings are usually stationary and are wound on a common magnetic core.	ТРАНСФОРМАТОР – электромагнитное устройство, преобразующее электроэнергию (электрический ток) в электроэнергию с другим напряжением переменного тока. В этом устройстве и первичная, и вторичная обмотки неподвижны и намотаны на общий магнитный сердечник
192.	TO'G'IRLAGICH	RECTIFIER – a device for converting of AC to DC, a general component is electric rectifier	ВЫПРЯМИТЕЛЬ – устройство для преобразования переменного тока в постоянный, основной элемент – электрический вентиль
193.	TURBINA	TURBINE – a device in which the kinetic energy of a fluid is converted to rotational kinetic energy of a shaft by impulses exerted on vanes attached to the shaft	ТУРБИНА – устройство в котором кинетическая энергия жидкости (газа) преобразуется во вращательную кинетическую энергию вала, импульсными усилиями лопастей, прикрепленных к нему
194.	TURBINALIK GENERATOR	TURBINE GENERATOR – a device that uses steam, heated gases, water flow or wind to cause spinning motion that activates electromagnetic forces and generate electricity	ТУРБИННЫЙ ГЕНЕРАТОР – устройство, использующее пар, нагретый пар, поток воды или ветра чтобы вызвать вращательное движение, которое возбуждает электромагнитные силы и генерирует электричество
195.	O'ZAK	CORE – the iron portion of the stator and rotor made up of cylindrical laminated electric steel. The stator and rotor cores	СЕРДЕЧНИК – медная часть статора и ротора, выполненная из цилиндрической слоистой электрической стали.

		are concentric and separated by an air gap, with the rotor core being the smaller of the two and inside to the stator core.	Сердечники статора и ротора коаксиальны и отделены воздушным зазором, сердечник ротора, являющийся меньшим из них, находится внутри сердечника статора
196.	O'ZAKNING TUNIKALARI	LAMINATIONS The steel portion of the rotor and stator cores make up a series of thin laminations (sheets) which are stacked and fastened together; used instead of a solid piece in order to reduce eddy-current losses.	ПЛАСТИНЫ СЕРДЕЧНИКА – часть стали сердечников ротора и статора, сделанная из серии тонких пластин (листов), которые набраны и закреплены вместе; используются вместо сплошных частей для того, чтобы уменьшить потери на вихревые токи
197.	UZATISH KUTISI	GEARBOX – mechanism that transfers the mechanical power of a rotor to that of the load	КОРОБКА ПЕРЕДАЧ – механизм, преобразующий механическую энергию ротора в механическую энергию нагрузки
198.	UZATISH SONI	GEAR RATIO – the ratio of the number of revolutions per minute between the main shaft and the output shaft of a gear	ПЕРЕДАТОЧНОЕ ОТНОШЕНИЕ – отношение числа оборотов в минуту входного вала передачи к выходному
199.	O'ZGARMAS TOK	DIRECT CURRENT (DC) – a current that flows only in one direction in an electric circuit.	ПОСТОЯННЫЙ ТОК – ток, текущий только в одном направлении в электрической цепи
200.	O'ZGARMAS TOK MOTORI	DC MOTOR – a motor using either generated or rectified DC power; often used when variable-speed operation is required. ( <a href="#">See "Motor"</a> ).	ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА – двигатель, потребляемый или генерированную, или выпрямленную энергию постоянного тока; часто применяется, когда необходима работа с переменной скоростью. (См. Электродвигатель)
201.	O'ZGARTKICH	CONVERTER – a device that converts the intrinsic potential energy of an appropriate fuel into another form of energy.	ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ – устройство, преобразующее внутреннюю потенциальную энергию соответствующего топлива в другую форму энергии
202.	O'ZGARUVGAN TOK MOTORI	AC MOTOR – A motor operating on AC that flows in either direction (AC current). There are two general types:	ДВИГАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА – двигатель, работающий на переменном токе, существует два основных типа

		induction and synchronous.	электродвигателей: асинхронные и синхронные
203.	O'ZGARUVCHAN TOK	ALTERNATING CURRENT (AC) – an electric current that alternates direction at regular intervals. The commonly available electric power supplied by an AC generator and is distributed in single- or three-phase forms. AC current changes its direction of flow (cycles).	ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК – это электрический ток, меняющий направление в периодические интервалы времени. Обычно доступна электроэнергия, выработанная генераторами переменного тока и распределяемая в одно- и трехфазной форме
204.	UZGARUVCHAN TOK SIKLI	CYCLE IN ALTERNATING CURRENT – the current goes from zero potential or voltage to a maximum in one direction, back to zero, and then to a maximum potential or voltage in other direction.	ЦИКЛ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА – ток идет от нулевого потенциала или напряжения к максимуму в одном направлении, обратно к нулю, а потом к максимуму потенциала или напряжения в другом направлении
205.	O'Q BO'YICHA ZO'RIQISH	AXIAL THRUST – the force or loads that are applied to the motor shaft in a direction parallel to the axis of the shaft (Such as from a fan or pump.)	ОСЕВОЕ УСИЛИЕ – усилие или нагрузка, которая приложена к валу двигателя в направлении, параллельном оси вала (как от вентилятора или насоса)
206.	ULANGAN YUKLAMA	CONNECTED LOAD – te sum of the ratings of the electricity consuming apparatus connected to a generating system	ПРИСОЕДИНЕННАЯ НАГРУЗКА – сумма мощностей устройств, пользующихся электричеством, присоединенных к генерирующей системе
207.	O'LCHAM	DIMENSION – a quantitative performance of physical quantity unit	РАЗМЕРНОСТЬ – количественная характеристика единицы физической величины
208.	UNUMDORLIK	EFFICIENCY – the useful output of any system divided by the total input.	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ – отношение полезной выходной величины к полной входной величине
209.	UTA UTKAZUVCHANLIK	SUPERCONDUCTIVITY – abrupt and large increase in electrical conductivity exhibited by some metals as the temperature approaches absolute zero.	СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ – резкое и значительное увеличение электропроводимости, проявляемая некоторыми металлами при достижении температуры абсолютного нуля
210.	UTA UTKAZUVCHI	SUPERCONDUCTOR – a	СВЕРХПРОВОДНИК –

	MATERIAL	synthetic material that has very low or no electrical resistance	синтетический материал, имеющий очень низкое или нулевое электрическое сопротивление
211.	O'TQAZGICH	CONDUCTOR – a material such as copper or aluminium which offers low resistance or opposition to the flow of electric current.	ПРОВОДНИК – материал (например, из меди или алюминия), которое оказывает незначительное сопротивление или противодействие потоку электрического тока
212.	UYURMALI TOKLAR	EDDY CURRENT – localized currents induced in an iron core by alternating magnetic flux. These currents translate into losses (heat) and their minimization is an important factor in lamination design.	ВИХРЕВЫЕ ТОКИ - локализованные токи, индуцированные в медной обмотке переменным магнитным потоком. Эти токи переходят в потери (тепловые) и их минимализация является важным фактором при проектировании пластин сердечника
213.	FAZALAR SILJISHI	PHASE DIFFERENCE (DISPLACEMENT) – a quantity characterizing a lagging in time between two periodic processes. In AC circuits having reactance phase difference exists between voltage and current	Сдвиг фаз – величина, характеризующая отставание во времени одного периодического процесса от другого. В цепях переменного тока, обладающих реактивным сопротивлением, существует сдвиг фаз между напряжением и током
214.	FIDER	FEEDER – a power line for supplying electricity within a specified area	ФИДЕР – силовая линия снабжения электричеством соответствующий участок
215.	FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI	COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) – the ratio of the work or useful energy output of a system versus the amount of work or energy inputted into the system as determined by using the same energy equivalents for energy in and out.	КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД) – отношение работы или полезной энергии, выходящей из системы, к количеству работы или энергии, входящей в системы, с использованием одних и тех же эквивалентов для входящей и выходящей энергии.
216.	FOTOELEKTRIK EFFEKT	PHOTOELECTRIC EFFECT in nuclear physics – is the absorption of a photon by an atom and a subsequent ejection of an atomic electron.	ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ в атомной физике – поглощение фотона атомом и последующий выброс атомного электрона
217.	XARAKTERISTI	CHARACTERISTIC – interrelation between dependent	ХАРАКТЕРИСТИКА – взаимосвязь между зависимыми

	KA	and independent ( output and input) quantities defining a state of technical system, process, device, machine, object, expressed in the form of text, table, graph, formula etc/	и независимыми (выходными и входными) величинами, определяющими состояние технической системы, процесса, прибора, машины, объекта, выраженная в виде текста, таблицы, графика, формулы и т.п.
218.	HAVO TIRQICHI	AIR GAP – the space between the rotating (rotor) and stationary (stator) members in an electric motor.	ВОЗДУШНЫЙ ЗАЗОР – пространство между вращающимся (ротор) и неподвижной (статор) частями электродвигателя
219.	HAVOLI SOVUTISH	AIR COOLING – a heated cylinders of electric machine are cooled by air blowing	ВОЗДУШНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ – нагретые цилиндры электрической машины охлаждаются обдуванием их воздухом
220.	CHASTOTA	FREQUENCY – the rate at which alternating current makes a complete cycle of reversals. It is expressed in cycles per second. The frequency of the AC current will affect the speed of a motor	Частота – величина, за которую переменный ток совершает полный цикл изменения полярности, выражается в оборотах за секунду. Частота переменного тока влияет на скорость двигателя ( <u>см. СКОРОСТЬ</u> )
221.	CHASTOTA TAVSIFI	FREQUENCY RESPONSE CURVE – response expressing relation of amplitude, phase, sensitivity or another parameter of linear dynamic system to input sinusoidal oscillation	ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА – характеристика, выражающая зависимость амплитуды, фазы, чувствительности или какого-либо параметра линейной динамической системы от частоты поступающего на ее вход синусоидального колебания
222.	CHASTOTA O'ZGARTKICHI	FREQUENCY CONVERTER – a device converting the frequency of electric voltage (current)	ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – устройство для изменения частоты электрического напряжения (тока)
223.	SHARIKLI PODSHIPNIK	BALL BEARINGS are used in virtually all types and sizes of electric motors. They exhibit low friction loss, are suited for high- speed operation and are compatible with a wide range of	ШАРИКОВЫЕ ПОДШИПНИКИ используются в электродвигателях фактически всех типов и размеров. Они проявляют малые потери на трение, удобны для высокоскоростной работы и

		temperatures.	совместимы с широким диапазоном температуры.
224.	SHCHOTKA	BRUSH – a piece of current conducting material (usually carbon or graphite) which rides directly on the commutator of a commutated motor and conducts current from the power supply to the armature windings.	ЩЕТКА – часть электропроводящих материалов (обычно угольный или графитовый), вращающихся прямо на коллекторе коммутированной машины и проводит ток от источника энергии к обмоткам якоря
225.	EKVIVALENT SXEMA	Equivalent circuit – a circuit composed of simple elements and evidently representing the processes in real system	Схема замещения (эквивалентная схема) – схема, составленная из простых элементов и наглядно представляющая процессов в замещаемой (реальной) системе
226.	EKOLOGIYA	ECOLOGY – the study of interrelationship of animals and plant to one another and to their environment	ЭКОЛОГИЯ – учение о взаимодействии животных и растений между собой и окружающей их среде
227.	ELEKTR	ELECTRICITY – a property of the basic particles of matter. A form of energy having magnetic, radiant and chemical effects. Electric current is created by a flow of charged particles (electrons)	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО – свойство основных частиц материала. Форма энергии, имеющая магнитное, световое и химическое действие. Электрический ток создается потоком заряженных частиц (электронов)
228.	ELEKTR GRADUS	ELECTRICAL DEGREE – a unit of measurement of time as applied to alternating current. One complete cycle equals 360 electrical degrees. One cycle in a rotating electrical machine is accomplished when the rotating field moves from one pole to the next pole of the same polarity. There are 360 electrical degrees in this time period. Therefore, in a two pole machine there are 360 degrees in one revolution, and the electrical and mechanical degrees are equal. In a machine with more than two poles, the number of electrical degrees per revolution is obtained by multiplying the number of pairs of poles by 360.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРАДУСЫ – единица измерения времени в отношении к электрическому полю. Один полный цикл равен 360 электрическим градусам. Один цикл во вращающейся электрической машине завершается, когда вращающееся поле перемещается от одного полюса к следующему такой же полярности. В этом периоде времени 360 электрических градусов. Следовательно, в двухполюсной машине 360 градусов в одном обороте, и электрическая и механическая градусы равны. В машине с числом полюсов более двух количество электрических градусов за оборот получается из произведения числа полюсов на

			360
229.	ELEKTR DISBALANSI	ELECTRICAL UNBALANCE is watched in a three-phase supply, where the voltages of the three different phases are not exactly the same.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДИСБАЛАНС наблюдается в трехфазном источнике энергии, где напряжения трех различных фаз не полностью совпадают
230.	ELEKTR ZANJIR	ELECTRIC CIRCUIT – assemblage of various devices and conductors connecting them that form a way to electric current; electromagnetic processes in electric circuit may be described using electromotive force, strength of current and voltage concepts	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ – совокупность различных устройств и соединяющих их проводов, образующих путь для электрического тока, в которой электромагнитные процессы могут быть описаны с помощью понятий об ЭДС, силе тока и напряжении
231.	ELEKTR YUKOLISHLAR	ELECTRICAL LOSSES – electric energy or capacity that is wasted in the normal operation of a power system. Some kWh are lost in the form of waste heat in electrical apparatus, transmission and distribution lines	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ – электроэнергия или мощность, потерянная при нормальной работе энергетической системы. Некоторое количество кВтс теряется форме тепловых потерь в электрических аппаратах, линиях передачи и распределения
232.	ELEKTR KARSHILIK	RESISTANCE ELECTRICAL – the ability of all conductors of electricity to resist the flow of current, turning some of it into heat. Resistance depends on the cross section of the conductor and its temperature. The unit of a resistance is ohms	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – способность всех проводников электричества сопротивляться потоку электрического тока, преобразуя ее часть в тепло. Сопротивление зависит от поперечного сечения проводника и его температуры. Единицей измерения является Ом
233.	ELEKTR KONTUR	ELECTRICAL CIRCUIT – one complete run of a set of electric conductors from a power source to various electric devices (appliances, light, etc.) and back to the same power source	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТУР – один полный пробег группы электрических проводников от источника энергии до различных электрических устройств (приборы, лампа и др.) и обратно к тому же источнику энергии
234.	ELEKTR KUCH	ELECTRIC FORCE - a force between two objects, each having the physical property of change.	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИЛА – сила между двумя объектами, каждая из которых имеет свойство изменяться



235.	ELEKTR MAYDON	ELECTRIC FIELD - a region of space where an electric charge feels a force.	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ – зона пространства, где электрический заряд испытывает над собой усилие
236.	ELEKTR MASHINASI	ELECTRICAL MACHINE – a machine in which occurs a converting of mechanical energy to electrical (generator), electrical energy to mechanical (motor) or electrical energy with one parameters (voltage, frequency etc) to electric energy with another parameters (such as frequency converter)	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА – машина, в которой происходит преобразование механической энергии в электрическую (генератор), либо электрической энергии в механическую (двигатель), либо электрической энергии с одними параметрами (напряжением, частотой и т.д.) в электрическую с другими параметрами (например, преобразователь частоты)
237.	ELEKTR PECHI	ELECTRIC FURNACE – melting or heating furnace, in which thermal effect of electric conditions is used	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕЧЬ – плавильная или нагревательная печь, в которой используется тепловой эффект электрических явлений
238.	ELEKTR POTENTIALLAR FARQI	ELECTRIC POTENTIAL DIFFERENCE - the work done on a charge to move it between two points divided by strength of the charge. The volt is the measuring unit.	РАЗНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ – отношение работы, выполненной над зарядом, для его передвижения между двумя точками, к силе заряда.
239.	ELEKTR SIGIMI	CAPACITANCE – a measure of the electrical charge of a capacitor consisting of two plates separated by an insulating material	ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ – мера электрического заряда конденсатора, состоящего из двух пластин, разделенных изоляционным материалом
240.	ELEKTR SISTEMADAGI YUKOLISHLAR	ELECTRIC SYSTEM LOSS(ES) – the total amount of electric energy loss in an electric system between the generation source and points of delivery	ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ – полное количество потерь электроэнергии в электрической системе между источником генерирования и точкой поставки
241.	ELEKTR TOKI	ELECTRIC CURRENT – a flow of electrical charge measured in Amps (amperes).	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК – поток электрически заряженных частиц, измеряемый в амперах (А)
242.	ELEKTR TOKI	ELECTRIC CURRENT – the electric charges in motion. The ampere (A) is the measuring	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК – направленное движение заряженных частиц. Единица

		unit.	измерения – Ампер (А)
243.	ELEKTR O'ZGARMAS DOIMIYLIGI	ELECTRICAL TIME CONSTANT (FOR DC MOTORS) – the	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ (ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА) – отношение электрический индуктивности к активному сопротивлению якоря.
244.	ELEKTR O'CHIRGICH	ELECTRIC SWITCH – an apparatus for electric equipment and devices turning on and off	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ – аппарат для включения и отключения электрооборудования и устройств
245.	ELEKTR ENERGIYA	ELECTRIC ENERGY – the amount of work accomplished by electrical power, usually measured in kilowatt-hours (kWh)	ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ – количество работы совершаемое электрической мощностью, обычно измеряется в киловатт часах (кВт)
246.	ELEKTR ENERGIYA SCHETCHIGI	ELECTRICITY METER - electrical measuring instrument for electric energy consumption metering in AC and DC networks in defined time interval	СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ – электроизмерительный прибор для учета потребления электроэнергии в сетях переменного или постоянного тока за определенный промежуток времени
247.	ELEKTR ENERGIYANI ISHLAB CHIKARISH	ELECTRICITY GENERATION – is the process of producing electricity by transforming other forms or sources into electrical energy	ГЕНЕРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА – процесс производства электричества преобразованием других форм или источников в электрическую энергию
248.	ELEKTR ENERGIYASINING YORDAMCHI MANBASI	AUXILIARY POWER SOURCE – a type of power source (for example, a fuel cell), which provides electricity, which is supplemental to the main power source for a device (such as car's internal combustion engine)	ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ – вид источника энергии (например, топливный элемент), который вырабатывает энергию дополнительно к основному источнику энергии для устройства (такого, как двигатель внутреннего сгорания автомобиля)

249.	ELEKTR YURITMA	ELECTRIC DRIVE – electromechanical device, for driving of mechanisms and machines, in which electric motor is a source of mechanical energy. Transfer device, power converter and control equipment may be a parts of electric drive	ЭЛЕКТРОПРИВОД – электромеханическое устройство для приведения в движение механизмов или машин, в котором источником механической энергии служит электропривод. В электропривод могут входить передаточный механизм, силовой преобразователь и аппаратура управления
250.	ELEKTR YURITUVCHI KUCH (EYUK)	ELECTROMOTIVE FORCE (EMF) – a synonym for voltage, usually restricted to generated voltage.	Электродвижущая сила – синоним напряжения, обычно ограниченное понятием обобщенного напряжения
251.	ELEKTRIK QARSHILIK	ELECTRICAL RESISTANCE – the resistance provided by the structure of a conductor to the flow of electrical charges.	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ (АКТИВНОЕ) СОПРОТИВЛЕНИЕ – сопротивление, обусловленной структурой проводника, потоку электрически заряженных частиц
252.	ELEKTRIK MASHINALARNI SOVUTISH	COOLING OF ELECTRIC MACHINES – abstraction of various machine elements heat, which is released as a result of magnetic, electric and other losses	ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН – отвод от различных узлов машин теплоты, выделяющейся в результате магнитных, электрических и других потерь
253.	ELEKTRLASHTI RISH	ELECTRIFICATION – providing a regular supply of electricity to consumers	ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ – обеспечение систематического снабжения электричества потребителям
254.	ELEKTROLIZ	ELECTROLYSIS – the decomposition of a liquid into its atomic constituents as a result of an electric current in the liquid.	ЭЛЕКТРОЛИЗ – разложение жидкости на свои атомные составные части в результате протекания электрического тока через жидкость.
255.	ELEKTROLIT	ELECTROLYTE – a substance which carries electrical current by the migration of ions. Together with the external connections of a fuel cell, this allows the creation of an electrical circuit	ЭЛЕКТРОЛИТ – вещество, проводящее электрический ток миграцией ионов. При внешнем соединении с топливными элементами возможно получение электрической цепи
256.	ELEKTROMAGNIT INDUKSIYASI	INDUCTION – electromotion force producing in conductor	ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ – возникновение

		moving in magnetic field or closed conducting loop due to its moving through magnetic field or the field changing	ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле или в замкнутом проводящем контуре вследствие движения контура в магнитном поле или изменения самого поля
257.	ELEKTROMAGNIT MAYDON	ELECTROMAGNETIC FIELD – electrical and magnetic fields created by the presence of flow of electricity in an electrical conductor or electricity consuming appliance or motor	ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ – электрическое и магнитное поля, созданные наличием электричества в электрическом проводнике, электропотребляющем устройстве или двигателе
258.	ELEKTROMAGNIT ENERGIYA	ELECTROMAGNETIC ENERGY – energy generated from an electromagnetic field produced by an electric current flowing through a superconducting wire kept at a specific low temperature	ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЭНЕРГИЯ – энергия, генерированная электромагнитным полем, которое образуется при течении электрического тока через суперпроводник при характерно низкой температуре
259.	ELEKTRONOVOLT	ELECTRON VOLT (eV) – a unit of energy of an electron accelerated through a potential difference of one volt. $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ joules}$ .	ЭЛЕКТРОНОВОЛЬТ – единица энергии электрона, ускоренного при прохождении через разницу потенциалов в один вольт $1 \text{ эВ} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ Дж}$ .
260.	ELEKTROFILTR	ELECTROSTATIC PRECIPITATOR – an apparatus for the removal of suspended particles from a gas by charging the particles and precipitating them through application of a strong electric field.	Электрофильтр – прибор для удаления взвешенных частиц из газа заряджением частиц и их осаждением посредством применения сильного электрического поля
261.	ENERGETIK BALANS	ENERGY BALANCE – computational foundation for the most rational possible use of energy meaning that the last useful energy is confronted with the cost of the primary energy	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС – вычислительное основание для более рационального возможного применения энергии, что означает, что последняя полезная энергия сопоставляется с ценой на первичную энергию
262.	ENERGETIKA MENEJMENTI	MANAGEMENT OF ENERGY – a complex task involving planning, communicating, analyzing and supporting development and implementation of systems to	МЕНЕДЖМЕНТ ЭНЕРГЕТИКИ – комплексная задача, включающая в себя планирование, связь, анализ и поддержку развития и применения систем измерения

		measure energy use	энергии
263.	ENERGIYA	ENERGY – the capacity for doing work. The joule is the metric measuring unit.	ЭНЕРГИЯ – способность совершения работы. Единица измерения – Джоуль
264.	ENERGIYA SAQLANISHI	CONSERVATION OF ENERGY - an important physical principle – there be no change in the total energy in any transformation	СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ – важный физический закон – при любом преобразовании суммарная энергия не изменяется
265.	ENERGIYA SAMARADORLIK	ENERGY EFFICIENCY – the idea of using less energy to perform the same function.	ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ – понятие использования меньшего количества энергии на одно и то же действие
266.	ENERGIYANI SAQLASH	ENERGY CONSERVATION - distinguished from the principle of conservation of energy, it incorporates the idea of saving	ХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ в отличие от закона сохранения энергии связано с понятием сбережения
267.	ENERGIYANI TUGRI UZGARTIRISH	DIRECT ENERGY CONVERSION – production of electricity from an energy source without transferring an energy to a working fluid or steam. For example photovoltaic cells transform light directly into electricity. Direct conversion systems have no moving parts and usually produce direct current	ПРЯМОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ – производство энергии из источника энергии без преобразования энергии в рабочую жидкость или пар. Например, фотоэлектрическая ячейка преобразует свет прямо в электричество. Прямое преобразование энергии не имеют подвижных частей и обычно производят постоянный ток
268.	YUKLAMA	LOAD – the burden imposed on a motor by the driven machine. It is often stated as the torque required to overcome the resistance of the machine it drives.	НАГРУЗКА – нагрузка, наложенная на двигатель приводимой машиной. Она часто выражается моментом, необходимым для преодоления сопротивления приводимой машины.
269.	YUKLAMA TOKI	LOAD CURRENT – the current required by the electrical device	ТОК НАГРУЗКИ – ток, востребованный электрическим устройством
270.	YUKLAMA O'ZGARTKICHI	CHARGE CONTROLLER – a component that controls the flow of current to and from the battery subsystem to protect the batteries from overcharge and	РЕГУЛЯТОР НАГРУЗКИ – блок, контролирующий течение тока к и от батарейных элементов системы для защиты батарей от перегрузки и переразгрузки.

		over discharge. The charge controller may also monitor system performance and provide system protection.	Регулятор нагрузки также может наблюдать за характеристикой системы и обеспечивать защиту системы
271.	YAKOR	ARMATURE – the portion of the magnetic structure of a DC or universal motor which rotates.	ЯКОРЬ – вращающаяся часть магнитной структуры двигателя переменного тока или универсального двигателя
272.	YAKOR QARSHILIGI	ARMATURE RESISTANCE (OHMS) is measured in ohms at 25 degrees C (cold).	СОПРОТИВЛЕНИЕ ЯКОРЯ (Ом) измеряется в Омах при 25 °С
273.	YAKOR TOKI	ARMATURE CURRENT – full load armature circuit current.	ТОК ЯКОРЯ – ток в цепи якоря при полной нагрузке
274.	YAKORNING AKS TA'SIRI	ARMATURE REACTION – the current that flows in the armature winding of a DC motor tends to produce magnetic flux in addition to that produced by the field current.	РЕАКЦИЯ ЯКОРЯ – ток, протекающий по обмотке якоря двигателя постоянного тока, имеющий склонность создавать магнитный поток в добавок к создаваемому током намагничивания
275.	YARIM O'TKAZGICH	SEMICONDUCTOR – any material that has a limited capacity for conducting an electric current	ПОЛУПРОВОДНИК – любой материал, имеющий ограниченную способность проводить электрический ток

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



**ПРИЛАГАЮЩИЕ**

по предмету

**НАДЁЖНОСТЬ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Навои

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# ТИПОВАЯ ПРОГРАММА

по предмету

## НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои





ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ  
ВАЗИРЛИГИ

Руйхатга олинди  
№ 5310200 – 2.6  
2012 йил “13” 03

Ўзбекистон Республикаси  
Олий ва ўрта махсус таълим  
вазирининг 2012 йил “13”  
03 даги “84”-сонли  
буйруғи билан тасдиқланган



ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ИШОНЧЛИЛИГИ  
фанининг

ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси:	300 000 –	Ишлаб чиқариш техник соҳа
Таълим соҳаси:	310 000 –	Мухандислик иши
Мутахассислик:	5A310201 –	Электр таъминоти (саноат корхоналари ва шаҳарлари)

Фаннинг ўқув дастури таълим йўналишининг ишчи ўқув режасига Танлов фанлари сифатида киритилган ва университетнинг Илмий-услубий Кенгашининг 2012 йил « 3 » 03 «13»-сонли қарори билан тасдиқланган

**Тузувчилар:**

Р.Ч.Каримов - ТошДТУ "Электр таъминоти" кафедраси катта ўқитувчиси.  
Ф.С.Мамарасулова - ТошДТУ "Электр таъминоти" кафедраси катта ўқитувчиси.

**Такризчилар:**

Ф.А.Ҳошимов - ЎзРес Фанлар академияси энергетика ва автоматика институти "Саноат энергетикаси" лаборатория мудир, профессор, т.ф.д.  
Э.Х.Абдураимов - Касб таълими (энергетика) ва умумий электротехника кафедраси доценти, т.ф.н.

Фаннинг ўқув дастури «Электр таъминоти» кафедра Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган

Кафедра мудир



доц. Таслимов А.Д.

Фаннинг ўқув дастури Энергетика факультети ўқув-услубий Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган

Факултет ўқув-услубий Кенгаши раиси



Абдуллаев Б.А.

Фаннинг ўқув дастури Тошкент давлат техника университетнинг Илмий-услубий Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган.

## КИРИШ

«Электр таъминоти ишончилиги» фани бўйича тузилган ушбу намунавий дастур қўйилган ДТС ва малака талаблари асосида тузилган. Республикамизда иқтисодий ислохатларни янада чуқурлаштириш, ҳамда бозор муносабатларининг ривожланишида малакали энергетик мутахассисликларини тайёрлашга катта эътибор берилмоқда.

Ушбу дастур электр таъминоти тизимлари ва қурилмалари ишончилигининг асосий масалаларини ўз ичига қамраб олган. Электр таъминоти тизимлари ва уларнинг элементларининг ишончлик масалалари электротехник объектни лойиҳалаш, қурилиш ва ишлатиш босқичларида ишончлик кўрсаткичларини аниқлаш ва оптималлаш масалалари билан боғлиқ.

### Фаннинг мақсад ва вазифалари

Фанни ўқитилишидан мақсад – ишончилилик назарий асослари ва уларни амалиётда қўллашда электр таъминоти тизимлари ЭЭТ тузилиши ва функционаллаш ишончилиги таҳлили билан таништириш, ҳар бир бўлажак энергетик электр ускуналарида бажариладиган ишлар билан боғлиқ бўлган ишончилилик тўғрисида аниқ тасаввурга эга бўлишини ва таълим стандартида талаб қилинган кўникмаларни таъминлашдир.

Фаннинг вазифаси – уни ўрганувчиларга:

- талабаларга электр ускуналарига қўйиладиган ишончилилик даражаси бўйича билим бериш;

- улар ўз билимларига суянган ҳолда амалда бажариладиган ишларни ишонч билан олиб бориш бўйича билим беришдан иборатдир.

### Фан бўйича талабаларнинг тасаввур, билим, кўникма ва малакаларига қўйиладиган талаблар

Ушбу вазифалардан келиб чиқиб ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

- электр таъминоти тизимларининг ишончилиги *ҳақида тасаввурга эга бўлиши;*

- ишончлик даражаси;

- ишдан чиқиш тушунчаси;

- эҳтимоллик ҳодисалар;

- эҳтимоллик катталиклари;

- эҳтимоллик катталикларининг сонли характеристикалари;

- математик статистика;

- ишончилиликнинг кўрсаткичлари *билиши ва улардан фойдалана олиши;*

- ишончликни ошириш усуллари;

- ишончликни ҳисоблаш усуллари;

- ишончликни техник-иқтисодий таҳлили;

- ишончликни таъминловчи воситаларни билиш каби *кўникмаларига эга бўлиши керак.*

- электр таъминоти тизимининг элементларини ишдан чиқиши ва ишончилилик кўрсаткичлар аниқлаш *малакаларига эга бўлиши керак.*

-

Қўйилган вазифалар ўқиш жараёнида талабаларнинг маъруза, амалий машғулотларда фаол иштирок этиши, ижодий ёндошиши, замонавий электрон ўқитиш ва коммуникация воситаларидан фойдалана билиши, адабиётлар билан мустақил ишлаши билан амалга оширилади.

#### **Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жihatидан узвийлиги**

«Электр таъминоти ишончлиги» фани, танлов фани ҳисобланади. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган математик ва табиий (олий математика, физика, назарий механика), умумқасбий (машина деталлари: материаллар қаршилиги, машина ва механизмлар назарияси; метрология, стандартлаштириш ва сертификатлаш; энергетика), гидро ва иссиқлик қурилмалари, электр таъсиноти асослари, саноат корхоналарининг электр таъсиноти; ўта кучланиш ва изоляция; станция ва падстанцияларнинг электр қисми; ўткинчи жараёнлар; электр тармоқлари ва тизимлари; релелли ҳимоя ва автоматика каби фанлардан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишлик талаб этилади.

#### **Фаннинг илмғфан ва ишлаб чиқаришдаги ўрни**

Электр таъминоти тизими элементлаининг характеристикаларини билиш, алмаштириш схемаларини қуриш, нормал ҳолатларини ҳисоблаш, таҳлил қилиш, ҳамда уларнинг ишончлигини ҳисоблаш зарурдир.

Ушбу фан талабага юқоридаги вазифаларни бажариш учун зарурий билимларни беради. Шунинг учун, «Электр таъминоти ишончлиги» фани танлов фани ҳисобланиб, ишлаб чиқариш технологик тизимининг ажралмас бўғинидир.

#### **Фани ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар**

Талаблар «Электр таъминоти ишончилиги» фанини ўзлаштириш учун ўқитишнинг илғор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информацион-педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фани ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, тарқатма материаллар, электрон материаллар, вертуал стендлар ва макетлардан фойдаланилади. Маъруза ва амалий дарсларда мос равишдаги илғор педагогик технологиялардан фойдаланилади.

Дастурий материалларни ўзлаштириш тўрт хил:

- муаммоли таснифдаги мавзулар бўйича;
- мустақил ўзлаштирилиши мураккаб бўлган бўлимлар бўйича;
- таълим олувчиларда алоҳида қизиқиш уйғотувчи бўлимлар бўйича;
- олдинга силжиган (продвинутые) маърузаларни интерфаол усулда ўқиш йўли билан;

- мустақил таълим олиш ва ишлаш, коллоквиумлар ва мунозаралар жараёнида ўзлаштириладиган билимлар бўйича машғулотлар ўтказиш йўли билан амалга оширишни назарда тутати.

Мустақил тайёргарлик жараёнида талаба техникавий адабиётлар, Интернет материаллари ва меъёрий ҳужжатлар билан ишлашни уddалашини намоён

қилиши, аудитория машғулотлари пайтида қабул қилган маълумотларни тўғри мушоҳада қилиш қобилиятини кўрсатиши зарур.

Дастур талабалар билимини рейтинг-назоратидан фойдаланадиган ўқув жараёнини ташкил қилишнинг янги принциплари асосида амалга ошади.

## **АСОСИЙ ҚИСИМ**

### **Фаннинг назарий машғулотлари мазмуни**

#### **Ишончлик назариясининг асосий тушунчалари**

Энергетикада ишончлилик муоммоси. Фаннинг вазифа ва мазмуни. Фаннинг бошқа фанлар билан боғлиқлиги. Ишончлилик назариясининг асосий тушунчалари. Электр таъминоти тизимлари (ЭТТ) ишончлигини комплекс хусусияти. Ишончлилик даражасини оптималлаштириш.

#### **Ишдан чиқиш (отказ) тушунчаси. Ишдан чиқишларининг классификацияси. Элементларининг ишдан чиқиш оқимлари ва уларнинг хусусиятлари**

Ишдан чиқиш - элементларнинг ишлаш қобилиятларини бузилиши сифатида. Қайта тикланувчи ва қайта тикланмайдиган элементлар. Ишдан чиқиш классификацияси: тўлиқ ва қисман, боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган, бехосдан ва секин-аста, тугунлик ва узилишлар. Ишдан чиқиш ва элементлар қайта тикланиш оқимлари.

Ишдан чиқиш оқимлари хусусиятлари. Объектнинг ҳаётий характеристикаси.

#### **Эҳтимоллик назарияси ва математик статистика элементлари, ҳамда уларни ишончлиликни ҳисоблашда қўлланилиши**

Эҳтимоллик ҳодисалар. Мураккаб ҳодисаларнинг эҳтимоллик қонунлари. Тўлиқ эҳтимоллик формуласи. Гипотезалар теоремаси. Эҳтимоллик катталиклар. Тақсимлаш қатори, тақсимлаш функцияси ва тақсимлаш зичлиги.

Эҳтимоллик катталикларни тақсимлашнинг асосий қонунлари. Дискрет катталикларни тақсимланиши (Биномиал, Пуассон тақсимланиши). Узлуксиз катталикларни тақсимланиши (нормал, экспоненциал ва бошқалар).

Эҳтимоллик катталикларнинг сонли характеристикалари (математик кутиш (ожидание), дисперсия, ўрта квадратик оғиш). Математик статистика элементлари. Математик статистиканинг асосий вазифалари.

#### **ЭЭТ ва электротехник қурилмалари элементларининг ишончлигини асосий кўрсаткичлари**

Ишончлиликнинг бирлик кўрсаткичлари. Элементларнинг ишдан чиқмаслик хусусиятини характерловчи кўрсаткичлар (ишдан чиқиш оқими параметри - ишдан чиқишлар частотаси, ишдан чиқишлар интенсивлиги, ишдан чиқмасдан ишлатиш эҳтимоллиги  $P$ , ишдан чиқиш эҳтимоллиги  $Q$ , ишдан чиқмаслигининг ўрта вақти  $T$ ).

Электроэнергетик қурилмаларининг таъмир талаб этилиши хусусиятини характерловчи ишончлилик кўрсаткичлари (режавий – огоҳлантирувчи; шикастланиш - қайта тикловчи таъмирларнинг кўрсаткичлари).

Ишончлилиكنинг комплекс кўрсаткичлари (тайёрлилик коэффициенти, техник фойдаланиш коэффициенти, электр энергиясини етказа олмаслиги, ишончсизликдан бўладиган иқтисодий зарар ва бошқалар)

Электротехник қурилмаларининг ишончлилик кўрсаткичлари.

### **ЭЭТ асосий ускуналарининг ишончлилик кўрсаткичларини сонли баҳолашлар**

Трансформаторлар, электр узатиш линиялари, коммутацион аппаратлар, электр юритмалар, релели ҳимоя ва автоматика қурилмаларининг ишдан чиқишлар сабаблари, ҳамда ишончлилик кўрсаткичлари.

Лойиҳалаш, ишлаб чиқариш, ишлатиш босқичида ускуналарнинг ишончлилигини ошириш усуллари.

### **Мураккаб схемаларининг ишончлилигини ҳисоблаш услублари**

Ишончлиликни ҳисоблашнинг детерминистик услублари. Элементлар-нинг эҳтимоллик ҳолатларининг ўртача қийматлари бўйича схеманинг ишончлилигини ҳисоблашнинг эҳтимоллик услублари (умумлашган усули).

Кетма-кет уланган элементлар тизимининг ишончлигини ҳисоблаш. Элементлари параллел уланган тизимнинг ишончлигини таҳлил қилиш. Мураккаб схемаларни эквивалентлаш ёрдамида ишончлигини таҳлил қилиш. Элементларнинг кўзда тутилган ўчиришларини ҳисобга олиш.

### **Электр энергетик қурилмаларининг ишдан чиқишлар оқибатлари.**

#### **Келтирилган харажатлар услубий бўйича ишончлиликни техник-иқтисодий таҳлили.**

Истеъмолчилар учун электр энергетик қурилмаларининг ишдан чиқишлар оқибатлари. Энерготизим учун электр энергетик қурилмаларининг ишдан чиқишлар оқибатлари.

Ишончсизликлдан бўладиган зарарни ҳисобга олувчи, келтирилган сарфлар формуласи. Келтирилган сарфлар усули бўйича ишончлиликнинг техник-иқтисодий таҳлили. Ишончлик ҳисобга олинган ечимларни мақсадли оптималлаш.

#### **Электр таъминоти тизимларининг ишончлилигини таъминловчи воситалар.**

Электр таъминоти тизимларини ишлашида ишончлиликни таъминловчи воситалар (захираш, тузилиш ва материалларини ривожлантириш, ҳимоя ва автоматлаштириш, техник хизмат, таъмирлаш жараёнларини мақсадий йўналтирилган бошқарув ва бошқалар).

### **Амалий машғулотларнинг тахминий рўйхати**

1. Эҳтимоллик назарияси ва математик статистика элементлари. Мураккаб ҳодисаларнинг эҳтимоллик қонунлари;
2. Тўлиқ эҳтимоллик формуласи. Гипотеза назарияси (Байес формуласи);
3. Ишончлиликни таҳлил қилишда биномиал тақсимланиш (Бернулли) формуласини қўллаш;
4. Электр таъминотининг ишончлилик тизимини ҳисоблаш усули;

5. Электр таъминоти тизимлари элементларининг ишончлилик кўрсаткичларини аниқлаш;
6. Элементлари кетма-кет уланган схеманинг ишончлилигини ҳисоблаш;
7. Элементлари параллел уланган схеманинг ишончлилигини ҳисоблаш;
8. Ишончлиликни ҳисоблашнинг умумлашган усули;
9. Ишончлиликни ҳисоблашда элементларнинг кўзда тутилган ўчирилишларини ҳисобга олиш;
10. Мураккаб схема электр уланишларнинг ишончлиликни ҳисоблашни эҳтимоллик аналитик услублари.

### **Амалий машғулотларини ташкил этиш кўрсатма ва тавсиялар**

Амалий машғулотларда талабалар эҳтимоллик назарияси ва математик статистика элементлари, мураккаб ҳодисаларнинг эҳтимоллик қонуни, тўлиқ эҳтимоллик формуласи, гипотеза назарияси (Байес формуласи), ишончлиликни таҳлил қилишда биномиал тақсимланиш (Бернулли) формуласини қўллаш, электр таъминотининг ишончлилик тизимини ҳисоблаш усули, электр таъминоти тизимлари элементларининг ишончлилик кўрсаткичларини аниқлаш, элементлари кетма-кет ва параллел уланган схеманинг ишончлилигини ҳисоблаш, ишончлиликни ҳисоблашнинг умумлашган усули, ишончлиликни ҳисоблашда элементларнинг кўзда тутилган ўчирилишларини ҳисобга олиш бўйича амалий кўникмаларни ҳосил қиладилар.

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан услубий кўрсатмалар ва тавсиялар ишлаб чиқилади. Унда талабалар маъруза мавзулари бўйича олинган билимларини амалий масалалар ечиш орқали кўникмаларга айлантирадилар. Шунингдек, дарслик ва ўқув қўлланмаларни ўзлаштириш асосида талабалар билимларини мустақамлашга эришиш, тарқатма материаллардан фойдаланиш, илмий мақолалар ва тезисларни чоп этиш орқали талабалар билимини ошириш, масалалар ечиш, мавзулар бўйича кўргазмали қуроллар тайёрлаш ва бошқалар тавсия этилади.

### **Мустақил таълимнинг шакли ва мазмуни**

Ушбу ўқув фани бўйича талабанинг мустақил иши - маърузалар матни ва тавсия этилган адабиётлар билан ишлашни, амалий машғулотлар ўтишга тайёргарлик кўришни, синон натижаларига ишлов беришни, ҳамда муайян мавзулар бўйича рефератлар ёзишни ўз ичига олади.

#### **Тавсия этилаётган мустақил ишларининг мавзулари**

1. Мураккаб ҳодисаларнинг эҳтимоллик қонуни;
2. Эҳтимоллик катталиклари тақсимлашнинг асосий қонуни;
3. Детерминистик услублар;
4. Мураккаб схемаларни эквивалентлаш ёрдамида ишончлигини таҳлил қилиш.

### **ДАСТУРНИНГ ИНФАРМАЦИОН-УСЛУБИЙ ТАЪМИНОТИ**

Мазкур фани ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий (хусусан, интерфаол) методлари, педагогик ва ахборат-коммуникация (медиа таълим,



амалий дастур пакетлари, презентацион, электрон-дидактик) технологиялари қўлланилиши назарда тутилган.

### **Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати:**

#### **Асосий адабиётлар:**

1. Каримов И.А. «Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана», Т.: Узбекистан, 2009.
2. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. под общ. ред. профессоров МЭИ. М.: Издательство МЭИ. 2004.
3. Ю.Б.Гуд, Теория надежности в электроэнергетике. Учеб. Пособие для ВУЗов Л.: Энергоатомиздат 1990.
4. Ю.А.Фокин, Вероятностно статистические методы в расчетах систем электроснабжения М.: Энергоатомиздат 1995.
5. Ю.А.Фокин, В.А.Туфанов, Оценка надежности систем электроснабжения. М.: Энергоиздат, 1991.
6. В.В.Зорин, В.В.Тесленко, Ф.Клеппель, Г.Адлер, Надежность систем электроснабжения. Киев: Веща школа, 1994.
7. Ю.Б.Гук, Анализ надежности электроэнергетических установок. Л.: Энергоатомиздат. 1998.
8. В.Г.Китушин, Надежность энергетических систем. Учеб. Пособие для электроэнергетик спец. ВУЗов. -М.: Высшая Школа. 1984.
9. М.Н.Розанов, Надежность электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат. 1994.

#### **Қўшимча адабиётлар:**

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики. Учебник для студентов ВУЗов/Под ред. В.А. Веникова – М.: Выс. школа, 1991.
2. Дж.Эндрени, Моделирование при расчетах надежности в электроэнергетических системах: Пер. с англ./ Под ред. Ю.Н.Руденко. М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Қодиров Т.М., Алимов Х.А. «Саноат корхоналарининг электр таъминоти» ўқув қўлланма, Тошкент, 2006.
4. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. Т.: Издательство «Молия», 2007.
5. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира. Т.: «Фан ва технология», 2009.
6. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995.

#### **Интернет сайтлар:**

1. <https://www.uzenergy.uzpak.uz>
2. <https://www.google.ru>
3. <http://www.energystrategy.ru>
4. <http://www.energsoyuz.spb.ru>
5. <http://www.anares.ru/oik>

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по предмету

## НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ**  
**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

Зарегистрировано:

№ \_\_\_\_\_  
2018 г « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе:  
\_\_\_\_\_ Н.А.Абдуазизов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ**  
**ПРОГРАММА**  
по дисциплине “Надёжность электроснабжения”

**Область знаний:** 300 000 – *Производственная сфера*  
**Область образования:** 310 000 – *Инженерное дело*  
**Направление образования:** 310200 – *Электроэнергетика (по отраслям и направлениям)*

<b>Семестр</b>	<b>8</b>	<b>Всего</b>
<b>Общее количество часов -</b>	<b>114</b>	<b>114</b>
<b>Из них:</b>		
Лекция –	36	36
Практические занятия –	36	36
Лабораторные занятия –	-	-
Самостоятельная работа –	54	54

Учебно-рабочая программа разработано на основе типовой программы и учебного плана.

**Составил:**

Старший преподаватель кафедры

“Электроэнергетика”

\_\_\_\_\_

**Атауллаев Н.О.**

Учебно-рабочая программа рассмотрена и обсуждено на заседании кафедры «Электроэнергетика» от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г. за № “\_\_\_” и рекомендовано для обсуждения на совете факультета.

**Заведующий кафедры:**

\_\_\_\_\_

**Товбаев А.Н.**

Учебно-рабочая программа обсуждено и рекомендовано на совете Энерго-механического факультета («\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г. за № “\_\_\_” протокола) для использование в учебном процессе.

**Председатель совета факультета:**

\_\_\_\_\_

**Бозорова С.Ж.**

**Согласовано:**

**Начальник учебно-методического отдела:**

\_\_\_\_\_

**Каримов И.А.**

# 1. ВВЕДЕНИЕ.

## 1.1. Основные цели и задачи предмета.

Цель изучения дисциплины «Надёжность электроснабжения» подготовка бакалавров по направлению «Электроэнергетика» в области энергетики в такой степени, чтобы они могли выбрать необходимые электромеханические устройства, уметь их правильно эксплуатировать и составлять совместно с инженерами - электриками технических заданий на разработку.

Проблемы изучения дисциплины – электромеханические законы, методы анализа электрических, магнитных и электронных цепей принципы действия, конструкции, свойства, области применения, основных электромеханических устройств.

Изучение дисциплины основывается на разделах электричество и магнетизм, и в свою очередь дисциплина важное место занимает изучение специальных дисциплин.

## 1.2. Требования предъявляемые к студенту, его знаниям, обучению и успеваемости по данному предмету.

В период изучения дисциплины студент должен знать и уметь:

- Цель и задачи дисциплины «Надёжность электроснабжения»;
- Место электромеханики в повседневной жизни и в общепроизводственной системе;
- Силовые трансформаторы и их элементы;
- Элемент трансформаторов напряжения и тока;
- Конструкции и виды электродвигателей;
- Принцип работы и схемы соединения АД с КЗ ротором;
- Принцип работы и схемы соединения АД с фазным ротором;
- Конструкция и принцип работы генераторов;
- Конструкция и принцип работы двигателей постоянного тока;

## 1.3 Связь с другими предметами в учебном процессе.

Предмет «Надёжность электроснабжения» непосредственно связан с такими фундаментальными предметами, как: «Физика», «Математика», «Введение в специальность», «ТОЭ» и т.д.

## 1.4. Новые технологии при изучении предмета.

При изучении предмета «Надёжность электроснабжения» рекомендуется использовать новые достижения нашей Республики в области энергетики.

### 1.5. Современный информационный и педагогические технологии для обучения предмета

Для более глубокого усвоения студентами данного предмета, для достижения высоких результатов в педагогической деятельности невозможно без постоянной работы преподавателя над собой, повышения мастерства, постоянного поиска различных форм и новых методов обучения. Исходя из этого, надо внедрять в учебный процесс различные виды новых педагогических технологий, суть которых заключается в повышении эффективности и качества обучения, социальной и трудовой активности студента. Такие виды интерактивных методов, как *«Мозговой штурм»*, *«Бумеранг»*, *«Веер»*, *«Дебаты»*, *«Кластер»*, *«Блиц-опрос»*, и другие, заинтересуют и вовлекут в процесс обучения даже самого пассивного студента, помогут быть самостоятельным и творчески подходить к решениям задач, и тем самым повысят усвоение предмета. К примеру, наибольшей популярностью среди методов пользуется *«Мозговой штурм»*, который стимулирует участников использовать своё воображение и творчество, помогает найти наибольшее число решений к любой заданной проблеме, помогает в выборе ценностей и выяснении альтернатив. Так же студентам нравятся применение метода *«Дебаты»*. Цель этого метода выражается в формировании активной жизненной позиции, лидерских качеств, стремления к личностному совершенствованию, овладению навыками ораторского искусства, интеллектуального поведения, вежливого обращения в процессе дискуссии. Одним из более распространенных, важных методов, направленных на изучение темы проблемного характера является *«Веер»*. Основная суть этого метода заключается в передаче информации комплексно по всем направлениям одной темы. Вместе с тем, каждая тема рассматривается отдельно от других. В ходе применения этой технологии определяются позитивные и негативные стороны, преимущества, достоинства, качества и недостатки и т.д. Метод *«Веер»* можно использовать как в малых, так и в больших группах. Этот метод обеспечивает активное участие каждого члена группы, он полезен не только для обучения, но и даёт возможность реализовать ряд задач воспитательного характера, такие как: умение работать в группе и коллективе; навыки находить проблемные решения; толерантное отношение к окружающим; быть креативным и т.д.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### Введение. Основные понятия, теория надёжности. (4-часа)

Электроэнергетика является основой развития промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства и служит базой для повышения технико-экономического потенциала страны. От надёжной работы электроэнергетических систем (ЭЭС) зависит надёжность электроснабжения потребителей, которая в конечном счете влияет на функционирование всего народного хозяйства страны.

**надежностью** понимается свойство объекта (оборудования, установки, элемента или системы) выполнять заданные функции в заданном объеме в течение заданного времени при определенных условиях функционирования, сохраняя свои эксплуатационные показатели в пределах, оговоренных в нормативных документах.

**надежность системы электроснабжения** есть свойство обеспечивать потребителей электроэнергией при отклонениях частоты и напряжения в определенных пределах, оговоренных ГОСТом и ПУЭ, и исключать ситуации, опасные для людей и окружающей среды.

**надежностью электроснабжения** понимается свойство электротехнической установки, участка электрической сети и энергосистемы в целом обеспечивать в нормальных (повседневных) условиях эксплуатации бесперебойное электроснабжение потребителей электрической энергией нормированного качества и в необходимом количестве.

### Понятия неработоспособности, классификация неработоспособности, потоки неработоспособность элементов и их свойств. (4-часа)

Постоянными условиями для функционирования электроэнергетического оборудования и установок являются:

поддержание нормального состояния контактов, обмоток и токоведущих частей (без перегрева и коррозии);

сохранение изоляции на допустимом уровне;

поддержание допустимого напряжения;

поддержание заданных параметров режима работы оборудования и т.д.

**Безотказность** – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени.

**Работоспособность** элемента – состояние элемента, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными соответствующими требованиями технической документации.

**Долговечность** – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при необходимом обслуживании. **Предельное состояние** – такое состояние объекта, при котором невозможна (или нецелесообразна) его дальнейшая эксплуатация.

**Ремонтпригодность** – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению **отказов** и **неисправностей**, к поддержанию и восстановлению работоспособности путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

**Сохраняемость** – свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортировки.

**Устойчивоспособность** – свойство системы непрерывно сохранять устойчивость в течение некоторого интервала времени.

**Устойчивость** – способность системы переходить от одного устойчивого режима к другому при различных возмущениях.

**Режимная управляемость** – свойство системы обеспечивать включение, отключение и изменение режима работы элементов по заданному алгоритму, это приспособленность системы к управлению с целью поддержания нормального режима.

**Живучесть** – свойство системы противостоять крупным возмущениям режима, не допуская каскадного (цепочечного) развития аварий и массового отключения потребителей, не предусмотренного алгоритмом работы противоаварийной автоматики.

**Безопасность** – свойство объекта не создавать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды во всех возможных режимах работы и аварийных ситуациях.

Исследование указанных свойств надежности ЭЭС в их единстве является желанной, но на данном этапе практически неразрешимой задачей. В данном курсе основное внимание уделено расчету показателей надежности систем электроснабжения, характеризующих свойство безотказности и ремонтпригодности.

### **Теория вероятности и элементы математической статистики и применения их в расчетах надёжности. явлений вероятностей. законы вероятности сложных явлений. (4-часа)**

Теория вероятностей - математическая наука, изучающая закономерности в случайных явлениях. Одним из основных понятий является понятие случайного события (в дальнейшем просто событие).

Событием называется всякий факт (исход), который в результате опыта (испытания, эксперимента) может произойти или не произойти. Каждому из таких событий можно поставить в соответствие определенное число, называемое его вероятностью и являющееся мерой возможного совершения этого события.

Современное построение теории вероятностей основывается на аксиоматическом подходе и опирается на элементарные понятия теории множеств.

Множество – это любая совокупность объектов произвольной природы, каждый из которых называется элементом множества. Множества обозначаются по-разному: или одной большой буквой или перечислением его элементов, данным в фигурных скобках, или указанием (в тех же фигурных скобках) правила, по которому элемент относится к множеству.



**Теория вероятностей** - математическая наука, изучающая закономерности в случайных явлениях. Одним из основных понятий является понятие случайного события (в дальнейшем просто событие).

Событием называется всякий факт (исход), который в результате опыта (испытания, эксперимента) может произойти или не произойти. Каждому из таких событий можно поставить в соответствие определенное число, называемое его вероятностью и являющееся мерой возможного совершения этого события.

Современное построение теории вероятностей основывается на аксиоматическом подходе и опирается на элементарные понятия теории множеств.

**Множество** – это любая совокупность объектов произвольной природы, каждый из которых называется элементом множества. Множества обозначаются по-разному: или одной большой буквой или перечислением его элементов, данным в фигурных скобках, или указанием (в тех же фигурных скобках) правила, по которому элемент относится к множеству.

### **Основные параметры надёжности элементы электротехнических установок и систем электроснабжений. (4-часа)**

Показателем надежности называется количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих надежность объекта. Их подразделяют на единичные, характеризующие одно свойство, и комплексные, характеризующие несколько свойств. Единичные показатели применяются в основном для характеристики отдельных конструктивных элементов, комплексные — для узлов нагрузки и систем в целом. Единичные показатели надежности. Их можно подразделить на показатели безотказности и восстанавливаемости.

**Показателем надежности** называется количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих надежность объекта. Их подразделяют на единичные, характеризующие одно свойство, и комплексные, характеризующие несколько свойств. Единичные показатели применяются в основном для характеристики отдельных конструктивных элементов, комплексные — для узлов нагрузки и систем в целом.

#### **Единичные показатели надежности.**

Их можно подразделить на показатели безотказности и восстанавливаемости.

**Единичными показателями** надежности простых элементов схем электрических соединений являются:

- частота отказов  $\omega$ , 1/год;
- среднее время восстановления элемента  $T_B$ , год;
- частота плановых ремонтов  $\mu$ , 1/год;
- средняя продолжительность планового ремонта  $T_P$ , год.

### **Цифровая оценка параметров надёжности основных установок системы электроснабжений. (4-часа)**

В процессе эксплуатации элементов в материалах, из которых они изготавливаются, вследствие термических, механических воздействий,

электромагнитных полей, агрессивной среды, снижения показателей качества электроэнергии накапливаются необратимые изменения, снижающие прочность, нарушающие координацию и взаимодействие частей. Эти изменения в случайные моменты времени могут приводить к отказу элемента. Отказ возникает вследствие теплового, вибрационного старения изоляции трансформаторов, кабельных линий, генераторов, коррозии металлических частей проводов, опор, оболочек кабельных линий, износа дугогасительных камер, коммутационных аппаратов при отключении токов коротких замыканий, а также вследствие деформации материалов, диффузии одного материала в другой.

**Линии электропередач (ЛЭП)** – наиболее часто повреждаемые элементы электрических систем из – за территориальной рассредоточенности и подверженности влиянию внешних неблагоприятных условий среды.

Основные причины отказов **воздушных ЛЭП**: наличие гололедно – ветровых нагрузок, перекрытий изоляции вследствие грозовых разрядов; повреждение опор и проводов автотранспортом и другими механизмами; дефекты изготовления опор, проводов, изоляторов; перекрытия изоляции из–за птиц; несоответствия опор, проводов, изоляторов природно – климатическим зонам страны; неправильный монтаж опор и проводов; несоблюдение сроков ремонта и замены оборудования.

**Силовые трансформаторы** повреждаются реже, чем ЛЭП, но их восстановление требует более продолжительного времени.

Основными причинами отказов трансформаторов являются:

- нарушения изоляции обмоток вследствие воздействия внешних и внутренних перенапряжений, сквозных токов коротких замыканий, дефектов изготовления. Причинами повреждения изоляции обмоток трансформаторов зачастую является износ и старение ее вследствие перегрузок, недостаточного охлаждения. Трансформаторы выходят из строя также вследствие повреждения устройств, регулирующих напряжения (особенно автоматических под нагрузкой);
- повреждения вводов трансформаторов вследствие перекрытия изоляции;
- повреждения контактных соединений;
- упуск масла.

**Коммутационные аппараты** являются более сложными с точки зрения надежности электрической системы. Они подразделяются на автоматические (выключатели, отделители с короткозамыкателями, автоматы, предохранители) и неавтоматические (разъединители и рубильники). Отказы коммутационных аппаратов происходят при выполнении ими операций (отключение коротких замыканий, нагрузок, оперативных переключениях и др.)и в стационарном состоянии.

#### **Методы расчета надёжности сложных схем. (4-часа)**

**Надежность** является, как известно, экономической категорией, поэтому в общем случае уровень надежности изменяется (как правило, повышается) за счет увеличения уровня затрат на сооружение и эксплуатацию электрических систем.

Поэтому при проектировании и эксплуатации электрических систем стараются отыскать и осуществить такие решения, при которых соблюдалось бы оптимальное соотношение между затратами на производство и распределение электроэнергии и технико – экономическими последствиями от недоотпуска электроэнергии (ущерба) вследствие нарушений питания потребителей из-за отказов оборудования.

**Прогнозирование ущерба** основывается не только на знании технологии и экономических характеристик работы потребителей, но и на показателях надежности различных подсистем электрической системы, в частности подсистем распределения электроэнергии. Для них характерны многочисленность элементов; сложность структур; территориальная распределенность; воздействие внешних постоянно меняющихся факторов; в общем случае резервирование функций отказавшего элемента не одним элементом, а несколькими; наличие элементов как непрерывного действия (генераторы, линии передач, трансформаторы), так и дискретно – непрерывного действия (коммутация и защитная аппаратура); наличие автоматического и оперативного способов локализации повреждений, постоянно меняющиеся нагрузки и параметры режимов.

Перечисленные особенности **электрических систем** и сетей обуславливают достаточно сложные задачи анализа надежности, в числе которых можно указать основные:

6. Выявление основных «механизмов» возникновения состояний отказа элементов.

7. Обоснование и освоение методов определения показателей надежности простейших структур электрических систем.

8. Разработка моделей отказов и методов определения показателей надежности сложных схем электрических систем на основе декомпозиции сложных структур с ориентацией на целенаправленные приемы принятия решений.

9. Оценка живучести сложных схем.

#### **Следствия выхода из строя электроэнергетических установок. (4- часа)**

Недоотпуск электроэнергии. Экономический ущерб. Внезапный автоматический отключения. Недоотпуск электроэнергии объясняется перерывами и ограничениями в электропотреблении. Размер убытков определяет надёжность схемы электрической сети. Преобразования (упрощения) расчётных схем выполняются на основе эквивалентирования (расчёта эквивалентных показателей надёжности) последовательно и параллельно соединяемых блоков. Процесс преобразований схемы сводится к получению результирующего блока, показатели надёжности и плановых ремонтов которого совпадают с показателями надёжности электроснабжения потребителя, для которого составлялась схема.

Двухцепные линии 35-220 кВ замещаются тремя блоками. Два параллельных блока учитывают отказы отдельных линий и задаются показателями  $T_B'$ ,  $T_n$ ,  $\omega_B'$ ,

$\omega_n$ . Последовательный блок учитывает одновременно отказ двух линий и задаётся показателями  $\omega_B$ ,  $T_B$

### **Технико-экономические анализы надёжности по методом приведенные затраты. (4-часа)**

Технико-экономическая оценка последствий перерывов электроснабжения потребителей.

**Преобразования (упрощения)** расчётных схем выполняются на основе эквивалентирования (расчёта эквивалентных показателей надёжности) последовательно и параллельно соединяемых блоков. Процесс преобразований схемы сводится к получению результирующего блока, показатели надёжности и плановых ремонтов которого совпадают с показателями надёжности электроснабжения потребителя, для которого составлялась схема. Эти показатели используются для определения ущербов по формуле. Параллельно соединённые элементы сети обеспечивают высокую степень надёжности и в ряде случаев могут не учитывать при определении ущерба от недоотпуска энергии.

### **Средства снабжение надёжности системы электроснабжения. (4-часа)**

Надёжность (как свойство технического объекта выполнять заданные функции в заданном объёме при определённых условиях) зависит от большого количества факторов случайного и неслучайного характера. Средства и методы изменения количественных характеристик этого свойства систем электроснабжения отличаются многообразием. На практике, особенно при эксплуатации электрических сетей как технических систем обычно ставится задача изменения показателей надёжности в сторону повышения её уровня.

Основной метод повышения надёжности электрических сетей и систем электроснабжения – выявление наиболее ненадёжных («узких») частей системы передачи и распределения электроэнергии и изменение уровня надёжности в результате введения различных форм избыточности:

- Резервирования.
- Совершенствования конструкций и материалов.
- Квалифицированное и своевременное проведение ремонтов электрооборудования.
- Техническое обслуживание.
- Контроля и управления процессами
- Защиты и автоматизации.

Установки компенсирующих и регулирующих устройств, повышающих качество напряжения и т.п.

**Отбор и ранжирование** только тех мероприятий повышения надёжности, затраты на которые увеличивают затраты базового варианта не более чем на некоторую относительно малую величину  $\delta Z$  (например, не более чем на 5%). В этом подходе также не исключается применение комплекса мероприятий, поэтому число вариантов может быть велико, но задача решается несколько проще по

сравнению с первым подходом. Меняя значение  $\delta Z$ , можно создавать схемы систем электроснабжения, обеспечивающие заданный уровень надежности электроснабжения. Этот подход целесообразен при эксплуатации систем электроснабжения.

### **Содержание тем практических занятий.**

1.Определение показателей надёжности элементов систем электроснабжения **(6-часа)**

2.Расчет надёжности при последовательном соединении элементов **(6-часа)**

3.Расчет надёжности при параллельном соединении элементов **(6-часа)**

4.Учет намеренное отключение в расчете надёжности элементов **(6-часа)**

5.Аналитические способы расчета вероятности в расчете соединении сложных электрических схем **(6-часа)**

6.Расчет токов короткого замыкания. **(6 часа)**

### **НАИМИНОВАНИЕ ТЕМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

#### **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Данную тему целесообразно начинать с изучения электрической цепи однофазного тока, содержащей катушку со стальным сердечником, а затем переходить непосредственно к изучению трансформатора.

Рассматривая физические процессы, возникающие в трансформаторе, необходимо обратить особое внимание на то положение, что при изменении нагрузки трансформатора в широком диапазоне (от холостого хода до номинального режима) магнитный поток может считаться практически постоянным и равным магнитному потоку в режиме холостого хода. Это в свою очередь определяет постоянство потерь в стали, которые легко определяются из режима холостого хода.

При рассмотрении режима «нормального» короткого замыкания получается, что магнитный поток в сердечнике трансформатора настолько мал, что им можно пренебречь, а следовательно, при этом режиме потери в стали трансформатора практически равны нулю, а потери в меди (в обмотках трансформатора) равны потерям при номинальной нагрузке трансформатора. Величины токов, напряжений и мощностей, полученные из режимов холостого хода и «нормального» короткого замыкания, позволяют определить основные параметры трансформатора.

В паспорте трехфазных трансформаторов дается номинальная мощность и мощность потерь всех трех фаз; под номинальными напряжениями понимаются линейные напряжения на зажимах трансформатора в режиме холостого хода, а под номинальными токами- линейные токи независимо от схемы соединения обмоток.

После изучения настоящего раздела студенты должны;

1) знать основные элементы конструкции трансформатора; выражение для коэффициента трансформации; уравнения электрического и магнитного состояний трансформатора;

2) понимать назначение опытов холостого хода и короткого замыкания; сущность «приведения» параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной; различие опыта короткого замыкания и режима короткого замыкания трансформатора; причины изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора; принципы построения векторных диаграмм для различных нагрузок;

3) уметь анализировать различные режимы работы трансформатора; читать паспорт трансформатора; включать приемника и электроизмерительные приборы для определения напряжений, токов и мощностей; предвидеть последствия коммутационных изменений в цепи нагрузки на электрическое состояние трансформатора.

Теория трансформатора полностью распространяется на автотрансформаторы и измерительные трансформаторы. Поэтому при их изучении следует обратить внимание на область их применения и особенности работы.

### **ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ:**

В период изучения дисциплины студент должен знать и уметь:

Цель и задачи дисциплины «Надёжность электроснабжения»;

Место Надёжность электроснабжения в повседневной жизни и в общепроизводственной системе;

Силовые трансформаторы и их элементы;

Элемент трансформаторов напряжения и тока;

Конструкции и виды электродвигателей;

Конструкция и принцип работы генераторов;

Конструкция и принцип работы двигателей постоянного тока;

<b>№</b>	<b>НАИМЕНОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ</b>
<b>1</b>	<b>ТМ-1000/10-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>2</b>	<b>ТМ-1000/35-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>3</b>	<b>ТМ-1600/10-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>4</b>	<b>ТМ-1600/35-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>5</b>	<b>ТМ-2500/10-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>6</b>	<b>ТМ-2500/35-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>7</b>	<b>ТМ-4000/10-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>8</b>	<b>ТМ-6300/10-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>9</b>	<b>ТМН-1000/35-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>10</b>	<b>ТМН-2500/35-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику
<b>11</b>	<b>ТМН-4000/20-У1</b> Изучить принцип работы и характеристику

- 12 ТМН-6300/20-У1 Изучить принцип работы и характеристику
- 13 ТМН-6300/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
- 14 ТДН-10000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 15 ТДТН-10000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 16 ТДТН-16000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 17 ТДН-16000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 18 ТДТН-25000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 19 ТРДН-25000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 20 ТРДН-32000/150-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 21 ТДТН-40000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 22 ТДН-40000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 23 ТДТН-40000/150-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 24 ТДТН-63000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
- 25 ТРДН-63000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику

### Задача №1

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальный режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_n$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты;

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}}$$

критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  
 величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_n$ ;  $S_k$ ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0.  
 Построит механическую характеристику  $n(M)$  электродвигателя.

### Задача №2

#### Вариант №1

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальный режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_n$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты;

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}}$$

критическое скольжение, пользуется приближенной формулой

величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$ ;  $S_k$ ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. Построит механическую характеристику  $n = f(M)$  электродвигателя.

Дано:  $P_n = 0,75$  кВт,  $\eta_H = 77\%$ ;  $\cos\varphi_H = 0,87$ ;  $S_H = 5,9\%$ ;  $p = 1$ ;  
 $U_H = 380$  В;  $m_k = 2,2$ ;  $m_n = 2,0$ ;  $f = 50$  Гц.

Определяем номинальную мощность, потребляемую из сети:

$$P_{1H} = P_n / \eta_H = 0,75 / 0,77 = 0,97 \text{ кВт.}$$

Определяем ток из сети в номинальном режиме:

$$J_{1H} = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi_H} = \frac{0,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87} = 0,17 \text{ А.}$$

Определяем частоту вращения магнитного поля в номинальном режиме:

$$n_c = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин.}$$

Определяем частоту вращения ротора в номинальном режиме:

$$n_H = n_c (1 - s_H) = 3000(1 - 0,059) = 2823 \text{ об/мин}$$

Определяем номинальный момент двигателя

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \frac{0,75 \cdot 10^3}{2823} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определяем пусковой момент двигателя:

$$M_{max} = M_H \cdot m_{II} = 2,5 \cdot 2,0 = 5,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем максимальный момент двигателя:

$$M_{max} = M_H \cdot m_K = 2,5 \cdot 2,2 = 5,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Находим критическое скольжение по уравнению Клосса:

$$M = \frac{2M_{MAX}}{S_{KP}/S_H + S_H/S_{KP}} \quad \text{или} \quad \frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}} = 2m_K, \quad s_{KP}^2 - 2m_K \cdot s_H \cdot s_{KP} + s_H^2 = 0,$$

$$s_{KP} = 0,13 \pm \sqrt{0,13^2 - 3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,13 \pm 0,116 \quad \text{или} \quad s_{KP} = 0,246.$$

Рассчитываем и строим механическую характеристику  $n = f(M)$  по формуле Клосса:

при  $s = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ .  $S_H$ ;  $S_{KP}$ ; по  $n = n_c \cdot (1 - s)$ . Результаты заносим в таблицу

S	0	$S_H$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
$n \cdot 10^3$ об/мин	3,0	2,268	2,7	2,4	1,8	1,2	0,6
M, Нм	0	5,6	3,8	5,4	4,9	3,9	3,2

**ОТВЕТ:**  $I_{1H} = 0,17$  А,  $n_H = 2823$  об/мин,  $M_{II} = 5,0$  Нм,  $M_{max} = 5,5$  Нм,  
 $M_H = 2,5$  Нм,  $s_{KP} = 0,246$ .



Вариант	Данные к задаче 1						
	$P_n$ кВт	$\eta_H$ %	$\cos\varphi_n$	SH %	P	$m_n$	$m_k$
1	0,75	77	0,87	5,9	1	2,2	2,0
2	0,12	63	0,7	9,7	1	2,2	2,0
3	11	88	0,9	2,3	1	2,3	1,7
4	90	90	0,9	1,4	1	2,5	1,2
5	0,25	63	0,65	9,0	2	2,2	2,0
6	4,0	84	0,84	4,4	2	2,4	2,0
7	22	90	0,9	2,0	2	2,3	1,4
8	75	93	0,9	1,2	2	2,3	1,2
9	0,18	56	0,62	11,5	3	2,2	2,2
10	3,0	81	0,76	4,7	3	2,5	2,0
11	30	90,5	0,9	2,1	3	2,4	1,3
12	75	92	0,89	2,0	3	2,2	1,2
13	0,55	64	0,65	9,0	4	1,7	1,6
14	7,5	86	0,75	2,5	4	2,2	1,4
15	30	90	0,81	1,8	4	2,1	1,3
16	110	93	0,85	1,5	4	2,3	1,2
17	37	91	0,78	1,7	5	1,8	1,0
18	90	92,5	0,83	1,6	5	1,8	1,0
19	45	90,5	0,75	2,5	6	1,8	1,0
20	75	91,5	0,76	1,5	6	1,8	1,0

# **КРИТЕРИИ ОЦЕНОК**

знаний студентов на основе рейтинговой системы

по

дисциплине

## **«НАДЁЖНОСТЬ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»**

Критерии оценок разработаны в соответствии с приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан от 13 декабря 2013 года № 470 и Министерства Юстиции от 13 декабря 2013 года № 1981-2 “ Об Уставе контроля и оценки рейтинговой системы знаний студентов в высших учебных заведениях.

Данные критерии оценок по дисциплине “Надёжность сетей электроснабжения” предназначены для студентов 4 курса для Электроэнергетический направлений образования бакалавриата.

Критерии оценок обсуждены и утверждены на заседании №1 кафедры «Электроэнергетика» от \_\_\_\_ августа 2018 г.

Критерии оценок по дисциплине “Надёжность сетей электроснабжения” утверждена на совете Энерго-механического факультета решением № 1 от \_\_\_\_ августа 2018 г.

## Введение

Национальная программа по подготовке кадров Республики Узбекистан определяет потребность всех сфер народного хозяйства в высококвалифицированных специалистах, владеющих передовыми достижениями науки и производства, навыками профессионального общения в условиях новых экономических отношений. Вхождение республики в мировой рынок, расширение международных связей обуславливают необходимость формирования языковой культуры студентов на иностранных языках, особенно мировых, в число которых входит русский язык.

Критерии оценок разработаны в соответствии с приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан от 13 декабря 2013 года № 470 и Министерства Юстиции от 13 декабря 2013 года № 1981-2 “ Об Уставе контроля и оценки рейтинговой системы знаний студентов в высших учебных заведениях.

Сведения о рейтинговых таблицах, видах, формах и количествах рейтингового контроля, а также об отведённом максимальном балле объявляется студентам на первой паре занятия по предмету “Надёжность сетей электроснабжения”.

### Этапы и формы проведения рейтинга по предмету «Основы энергосбережения»

Изучение данного предмета предусмотрено для бакалавров 2-курса Электроэнергетический направлений бакалавриата на VIII семестре учебного года.

Оценка усвоения бакалаврами данного предмета в течение всего семестра проводится на основе следующих показателей:

- Текущая контрольная оценка – (ТК);
- Промежуточная контрольная оценка-(ПК)
- Итоговая контрольная оценка – (ИК);

**Текущая контрольная оценка (ТК)** – предусматривает оценку знаний бакалавров, полученных за усвоение каждой проведенной темы по данному предмету. Обычно ТК оценивается на практических занятиях. В первую очередь, ТК включает в себе уровень усвоения бакалавром знаний в аудитории, т.е. активность на занятиях, которая включает в себе следующее:

- Качественное конспектирование темы, активное участие в дискуссиях;
- Правильное выполнение заданий, упражнений по пройденной теме;
- Высокая подготовка к практическим занятиям, активное участие в решении проблемных задач, ситуаций, тестов и др.

Показатели усвоения по дисциплине «Основы энергосбережения» оцениваются по 100 бальной системе. Из них для ТК предусмотрено всего 35%, т.е. 35 баллов. В ТК также включаются выполнение самостоятельной работы, подготовленный реферат, домашнее задание, пересказ содержания пройденных текстов; Выполнение заданий и упражнений по тексту специальности.

**Промежуточная контрольная оценка (ПК)-** В ПК предусмотрено всего 35%, т.е. 35 баллов. После окончания определенной части предмета определяется практические и теоретические навыки студентов. **ПК** проводится два раза в одном семестре и в письменном форме.

**Итоговая контрольная оценка (ИК)-** обычно проводится в конце учебного семестра с целью оценки полученных бакалавром знаний и практических навыков. Он проводится только в письменной и устной форме. *Для ИК отведено 30% или 30 баллов.*

Результаты показателей усвоения бакалавром **ТК, ПК и ИК** по дисциплине должны вноситься в специальные ведомости, предоставленные деканатом и обсуждены на заседании кафедры.

### Рейтинговая таблица по предмету

П/п	Курс	Семестр	Количество недель	Отведённые общие часы	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	Аудиторные баллы АБ	Самостоятельная работа СР	Виды контроля													
											Всего в процентах		ТК	ТК – 1	ТК – 2	ПК	ПК – 1	ПК – 2	ТКН+ПК	Проходной балл	ИК	Форма проведения ИК	Показатель успеваемости	Курсовой проект
											Аб	Сб												
1	4	8	10	114	36	-	36	54	Аб	60%	35	10	11	35	10	11	70	39	30	письменн о	100			
								Сб	40%	7													7	7

**Рейтинговая таблица по дисциплине  
«Надёжность сетей электроснабжения»  
за 8 семестр**

П/п	Виды контроля	Количество	Балл и кол.	Итого баллов
<b>1. ТК - 35 балл</b>				
1.1.	Выполнение практических занятий	6	6x3,5	21
1.2.	Выполнение самостоятельных работ	2	7x2	14
<b>2. ПК-35 балл</b>				
2.1	ПК-1, письменная ,(3 вопроса)	1	3x3.66	11
2.2	ПК-2, письменная ,(3 вопроса)	1	3x3.33	10
2.3	Выполнение самостоятельных работ	2	2x7	14
<b>3. ИК-30 балл</b>				
3.1	Итоговая контрольная работа (3 задания)	1	10x3	30
<b>ИТОГО</b>				<b>100</b>

**Критерии оценок за 8 семестр**

Критерии оценок за единицу *самостоятельной работы, лабораторного занятия и практического занятия* определяются по нижеследующим показателям:

%	Балл	Положение для оценки знаний бакалавра
86 -100	Самостоятельная работа: (7-6,02 б)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ показатель усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам;</li> <li>➤ творческий подход к решению проблемы;</li> <li>➤ самостоятельная работа;</li> <li>➤ самостоятельное мышление;</li> <li>➤ полное уяснение основных правил, исходя из усвоения понятия и значения предмета;</li> <li>➤ иметь полное представление и уметь анализировать происходящие внутри страны духовно – просветительские изменения и др.</li> <li>➤ примерное поведение.</li> </ul>
	Практическая занятия: (3,5-3 б)	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ показатель неполного усвоения теоретических и практических знаний по</li> </ul>

71 - 85	<p>Самостоятельная работа: (6,02-4,97 б)</p> <p>Практическая занятия: (3-2,49 б)</p>	<p>пройденным темам;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ делать выводы и предложения по заданиям и самостоятельной работе;</li> <li>➤ определенное уяснение основных правил, исходя из усвоения понятия и значения предмета;</li> <li>➤ иметь определенное представление и уметь анализировать происходящие внутри страны духовно- просветительские изменения и др.</li> </ul>
55 – 70	<p>Самостоятельная работа: (4,97-3,85 б)</p> <p>Практическая занятия: (2,49-1,93 б)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам; делать выводы и предложения по заданиям самостоятельной работ; определенное уяснение основных правил, исходя из усвоения понятия и значения предмета.</li> <li>полное представление и уметь анализировать происходящие внутри страны духовно – просветительские изменения и др.</li> </ul>

**Промежуточная (1-промежуточная) оценка проводится в письменном форме** – в нём требуется ответить на 3 вопроса. Каждый ответ оценивается до 3,66 бала.

-Если ответы на вопросы будет полностью раскрыта, будут точны и мышление ясны, то оценивается от 3,66 до 3,15 бала.

-Если ответы на вопросы будут всеобщий, но не все мышление будут точны, то оценивается от 3,15 до 2,6 бала.

-Если постарался ответит на вопросы, но не ответил точно и мышление будут запутанные, то оценивается от 2,6 до 2 балла

-Если не ответил ни на одного вопроса или мышление запутанные и на ответах мнение не правильные то оценивается от 2 до 0 балла.

### **Вопросы для первой промежуточной котрольной**

- 1.Основные понятие теории надёжности.
- 2.Понятие отказа
- 3.Классификация отказа
- 4.Потоки отказа элементов и их особенности.
- 5.Теория вероятности и применение его в расчетах надёжности.
- 6.Системы электроснабжения и показатели надёжности элементов электротехнических оборудования.

**Промежуточная (2-промежуточная) оценка проводится в письменном форме** – в нём требуется ответить на 3 вопроса. Каждый ответ оценивается до 3,66 бала.

-Если ответы на вопросы будут полностью раскрыты, будут точны и мышление ясны, то оценивается от 3,33 до 2,86 бала.

-Если ответы на вопросы будут всеобщий, но не все мышление будут точны, то оценивается от 2,86 до 2,36 бала.

-Если постарался ответить на вопросы, но не ответил точно и мышление будут запутанные, то оценивается от 2,36 до 1,83 балла

-Если не ответил ни на одного вопроса или мышление запутанные и на ответах мнение не правильные то оценивается от 1,83 до 0 балла.

### **Вопросы для второй промежуточной контрольной**

1.Цифровая оценка надёжности основных оборудования систем электроснабжения.

2.Методы расчетов надёжности сложных схем.

3.Причины отказа электроэнергетических установок.

4.Технико-экономический анализ надёжности по методу приведенных затрат.

5.Средство обеспечивающий надёжности сетей электроснабжения

### **Темы практических занятий**

1.Определение показателей надёжности элементов систем электроснабжения

2.Расчет надёжности при последовательном соединении элементов

3.Расчет надёжности при параллельном соединении элементов

4.Учет намеренное отключение в расчете надёжности элементов

5.Аналитическое способы расчета вероятности в расчете соединении сложных электрических схем

6.Расчет токов короткого замыкания.

# НАИМИНОВАНИЕ ТЕМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данную тему целесообразно начинать с изучения электрической цепи однофазного тока, содержащей катушку со стальным сердечником, а затем переходить непосредственно к изучению трансформатора.

Рассматривая физические процессы, возникающие в трансформаторе, необходимо обратить особое внимание на то положение, что при изменении нагрузки трансформатора в широком диапазоне (от холостого хода до номинального режима) магнитный поток может считаться практически постоянным и равным магнитному потоку в режиме холостого хода. Это в свою очередь определяет постоянство потерь в стали, которые легко определяются из режима холостого хода.

При рассмотрении режима «нормального» короткого замыкания получается, что магнитный поток в сердечнике трансформатора настолько мал, что им можно пренебречь, а следовательно, при этом режиме потери в стали трансформатора практически равны нулю, а потери в меди (в обмотках трансформатора) равны потерям при номинальной нагрузке трансформатора. Величины токов, напряжений и мощностей, полученные из режимов холостого хода и «нормального» короткого замыкания, позволяют определить основные параметры трансформатора.

В паспорте трехфазных трансформаторов дается номинальная мощность и мощность потерь всех трех фаз; под номинальными напряжениями понимаются линейные напряжения на зажимах трансформатора в режиме холостого хода, а под номинальными токами - линейные токи независимо от схемы соединения обмоток.

После изучения настоящего раздела студенты должны;

1) знать основные элементы конструкции трансформатора; выражение для коэффициента трансформации; уравнения электрического и магнитного состояний трансформатора;

2) понимать назначение опытов холостого хода и короткого замыкания; сущность «приведения» параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной; различие опыта короткого замыкания и режима короткого замыкания трансформатора; причины изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора; принципы построения векторных диаграмм для различных нагрузок;

3) уметь анализировать различные режимы работы трансформатора; читать паспорт трансформатора; включать приемника и электроизмерительные приборы для определения напряжений, токов и мощностей; предвидеть последствия коммутационных изменений в цепи нагрузки на электрическое состояние трансформатора.

Теория трансформатора полностью распространяется на автотрансформаторы и измерительные трансформаторы. Поэтому при их изучении следует обратить внимание на область их применения и особенности работы.



## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ:

В период изучения дисциплины студент должен знать и уметь:

Цель и задачи дисциплины «Надёжность электроснабжения»;

Место Надёжность электроснабжения в повседневной жизни и в общепроизводственной системе;

Силовые трансформаторы и их элементы;

Элемент трансформаторов напряжения и тока;

Конструкции и виды электродвигателей;

Конструкция и принцип работы генераторов;

Конструкция и принцип работы двигателей постоянного тока;

№	НАИМЕНОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ
1	ТМ-1000/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
2	ТМ-1000/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
3	ТМ-1600/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
4	ТМ-1600/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
5	ТМ-2500/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
6	ТМ-2500/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
7	ТМ-4000/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
8	ТМ-6300/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
9	ТМН-1000/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
10	ТМН-2500/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
11	ТМН-4000/20-У1 Изучить принцип работы и характеристику
12	ТМН-6300/20-У1 Изучить принцип работы и характеристику
13	ТМН-6300/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
14	ТДН-10000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
15	ТДТН-10000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
16	ТДТН-16000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
17	ТДН-16000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
18	ТДТН-25000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
19	ТРДН-25000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
20	ТРДН-32000/150-у1 Изучить принцип работы и характеристику
21	ТДТН-40000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
22	ТДН-40000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
23	ТДТН-40000/150-у1 Изучить принцип работы и характеристику
24	ТДТН-63000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
25	ТРДН-63000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику

### Задача №1

Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальной режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_n$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ;

кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты;

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}} ;$$

критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  
 величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$  ;  $S_k$  ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0.  
 Построит механическую характеристику  $n(M)$  электродвигателя.

## Задача №2

### Вариант №1

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальной режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_H$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты;

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}} ;$$

критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  
 величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$  ;  $S_k$  ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0.  
 Построит механическую характеристику  $n = f(M)$  электродвигателя.

Дано:  $P_n=0,75$  кВт,  $\eta_n=77\%$  ;  $\cos\varphi_n=0,87$ ;  $S_H=5,9\%$ ;  $p=1$ ;

$U_L=380$  В ;  $m_k=2,2$  ;  $m_n=2,0$  ;  $f=50$  Гц.

Определяем номинальную мощность, потребляемую из сети:

$$P_{1n} = P_n / \eta_n = 0,75 / 0,77 = 0,97 \text{ кВт.}$$

Определяем ток из сети в номинальном режиме:

$$J_{1H} = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi_H} = \frac{0,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87} = 0,17 \text{ А.}$$

Определяем частоту вращения магнитного поля в номинальном режиме:

$$n_c = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин.}$$

Определяем частоту вращения ротора в номинальном режиме:

$$n_H = n_c(1 - s_H) = 3000(1 - 0,059) = 2823 \text{ об/мин}$$

Определяем номинальный момент двигателя

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \frac{0,75 \cdot 10^3}{2823} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определяем пусковой момент двигателя:

$$M_{max} = M_H \cdot m_{II} = 2,5 \cdot 2,0 = 5,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем максимальный момент двигателя:

$$M_{max} = M_H \cdot m_K = 2,5 \cdot 2,2 = 5,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Находим критическое скольжение по уравнению Клосса:

$$M = \frac{2M_{MAX}}{\frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}}} \quad \text{или} \quad \frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}} = 2m_K, \quad s_{KP}^2 - 2m_K \cdot s_H \cdot s_{KP} + s_H^2 = 0,$$

$$s_{KP} = 0,13 \pm \sqrt{0,13^2 - 3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,13 \pm 0,116 \quad \text{или} \quad s_{KP} = 0,246.$$

Рассчитываем и строим механическую характеристику  $n = f(M)$  по формуле Клосса:

при  $s = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ .  $S_H$ ;  $S_{KP}$ ; по  $n = n_C \cdot (1-s)$ . Результаты заносим в таблицу

S	0	$S_H$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
$n \cdot 10^3 \text{ об/мин}$	3,0	2,268	2,7	2,4	1,8	1,2	0,6
M, Нм	0	5,6	3,8	5,4	4,9	3,9	3,2

**ОТВЕТ:**  $I_{1H} = 0,17 \text{ А}$ ,  $n_H = 2823 \text{ об/мин}$ ,  $M_{II} = 5,0 \text{ Нм}$ ,  $M_{max} = 5,5 \text{ Нм}$ ,  
 $M_H = 2,5 \text{ Нм}$ ,  $s_{KP} = 0,246$ .

Вариант	Данные к задаче 1						
	$P_n$ кВт	$\eta_H$ %	$\cos \varphi_n$	$S_H$ %	P	$m_n$	$m_k$
1	0,75	77	0,87	5,9	1	2,2	2,0
2	0,12	63	0,7	9,7	1	2,2	2,0
3	11	88	0,9	2,3	1	2,3	1,7
4	90	90	0,9	1,4	1	2,5	1,2
5	0,25	63	0,65	9,0	2	2,2	2,0
6	4,0	84	0,84	4,4	2	2,4	2,0
7	22	90	0,9	2,0	2	2,3	1,4
8	75	93	0,9	1,2	2	2,3	1,2
9	0,18	56	0,62	11,5	3	2,2	2,2
10	3,0	81	0,76	4,7	3	2,5	2,0
11	30	90,5	0,9	2,1	3	2,4	1,3
12	75	92	0,89	2,0	3	2,2	1,2
13	0,55	64	0,65	9,0	4	1,7	1,6

14	7,5	86	0,75	2,5	4	2,2	1,4
15	30	90	0,81	1,8	4	2,1	1,3
16	110	93	0,85	1,5	4	2,3	1,2
17	37	91	0,78	1,7	5	1,8	1,0
18	90	92,5	0,83	1,6	5	1,8	1,0
19	45	90,5	0,75	2,5	6	1,8	1,0
20	75	91,5	0,76	1,5	6	1,8	1,0

Студент, набравший выше **55% - 396** от отведённого общего балла текущего контроля имеет право участвовать в итоговом контроле. Варианты итогового контроля не повторяются, каждый вариант состоит из 3-х заданий.

Итоговый контроль (**ИК**) по дисциплине «Основы энергосбережения» проводится в письменной и устной форме, каждому заданию отведено 10 баллов. Письменная и устная форма проведения **ИК** дает возможность бакалавру наиболее полно излагать свое мнение.

Студент:

- а) должен полностью выполнить 3 задания, чтобы набрать 30 баллов;
- б) должен полностью выполнить 2 задания и частично 1 задание, чтобы набрать от 21 до 25 баллов;
- в) должен полностью выполнить 2 задания, чтобы набрать от 17 до 20 баллов;
- г) должен полностью выполнить 1 задание и частично 1 задание, чтобы набрать от 1- 16 баллов.

Общий набранный балл студента по каждому виду контроля считается по следующей формуле:

$$ОБ=ТК+ПК+ИК$$

Здесь: ТК-текущий контроль; ПК- Промежуточный контроль; ИК-итоговый контроль. Преподаватель оценивает письменную и устную работу в течение двух дней, затем должен объявить баллы и зафиксировать в соответствующих документах. Рейтинг студента по предмету определяется в нижеследующем виде:

$$P=(ОЧ*УУ)/100$$

Здесь: ОЧ – отведённые общие часы по предмету за семестр (в часах); УУ – уровень успеваемости по предмету (в баллах).

### **Порядок регистрации рейтинговых результатов**

Набранные баллы по видам контроля по предмету регистрируются в конце каждого семестра преподавателем в рейтинговой ведомости и книжке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехнический справочник: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии./ под общ. Ред. профессоров МЭИ.-М: Издательство МЭИ.2004,964с.
2. Гуд Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике: Учеб. Пособие для ВУЗов-Л: Энергоатомиздат 1990-208с.
3. Фокин Ю.А. Вероятностно- статистические методы в расчетах систем электроснабжения М. Энергоатомиздат 1985-240с.
4. Фокин Ю.А. Туфанов В.А. Оценка надежности систем электроснабжения. М. Энергоиздат, 1981-224с.
5. Зорин В.В. Тесленко В.В. Клеппель Ф. Адлер Г. Надежность систем электроснабжения. Киев: Веща школа, 1984-192с.

### Дополнительная литература

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики. Учебник для студентов ВУЗов/Под ред. В.А. Веникова – М.: Высш школа, 1981 й. 288 с.
2. Диллон Б. Синих Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем: Пер. англ.-М: «Мир» 1984-318с.
3. Эндрени Дж. Моделирование при расчетах надежности в электроэнергетических системах: Пер. с англ./ Под ред. Ю. Н. Руденко. М. Энергоатомиздат 1983
4. Гук Ю.Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. Л. Энергоатомиздат. 1988.
5. Китушин В.Г. Надежность энергетических систем: Учеб. Пособие для электроэнергетик. спец. ВУЗов.- М. Высш. Шк. 1984-256с.
6. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. М. Энергоатомиздат. 1984-200с.
7. Фокин Ю.А. Надежность и эффективность сетей электрических систем. М. Высш. Шк. 1989-151с.

### Интернет сайты.

1. Сайт: [www.energsoyuz.spb.ru](http://www.energsoyuz.spb.ru)
2. Сайт: [www.anares.ru/oik](http://www.anares.ru/oik)
3. Сайт: [www.rtsoft.ru](http://www.rtsoft.ru)

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по предмету

# НАДЁЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

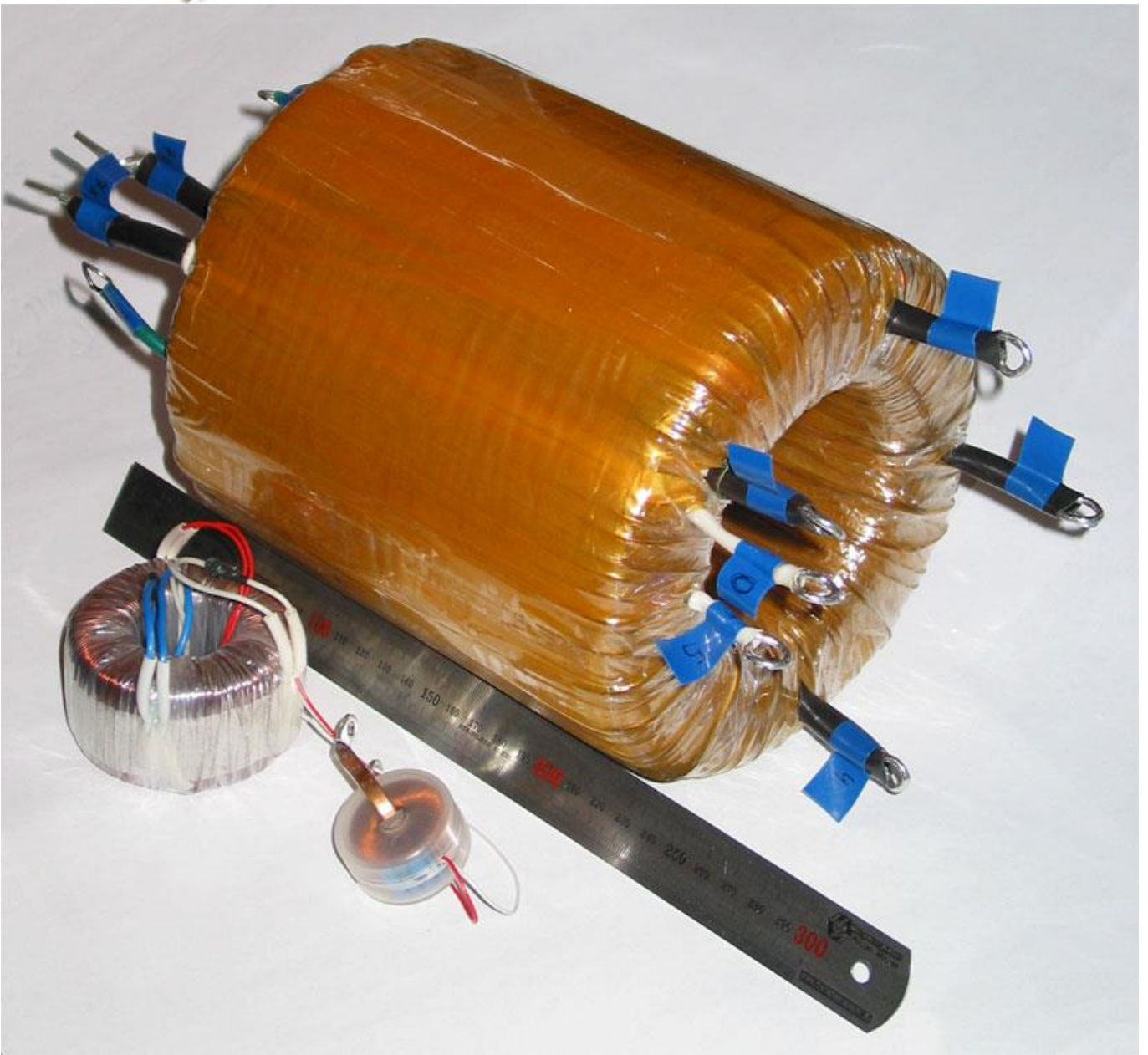




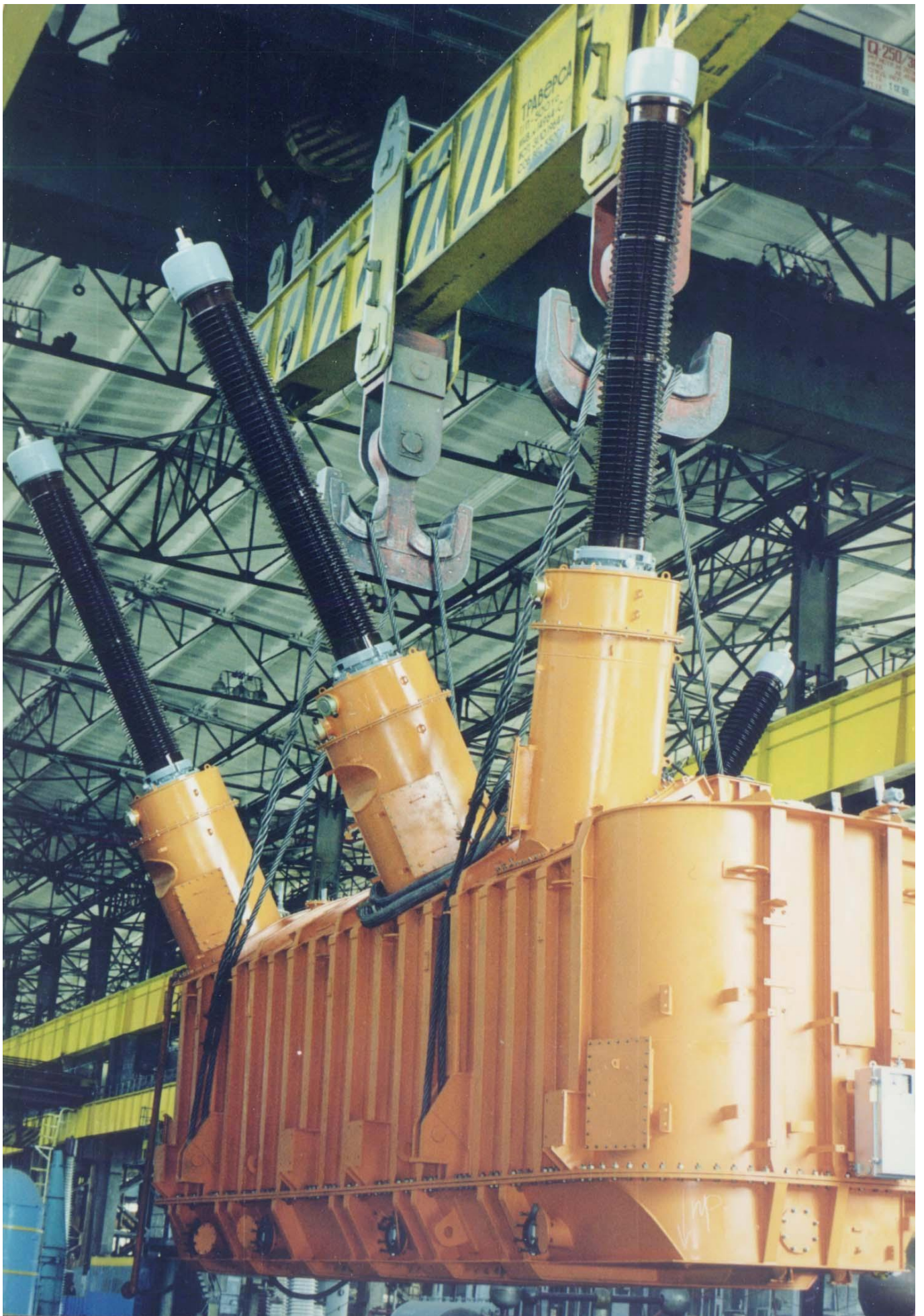






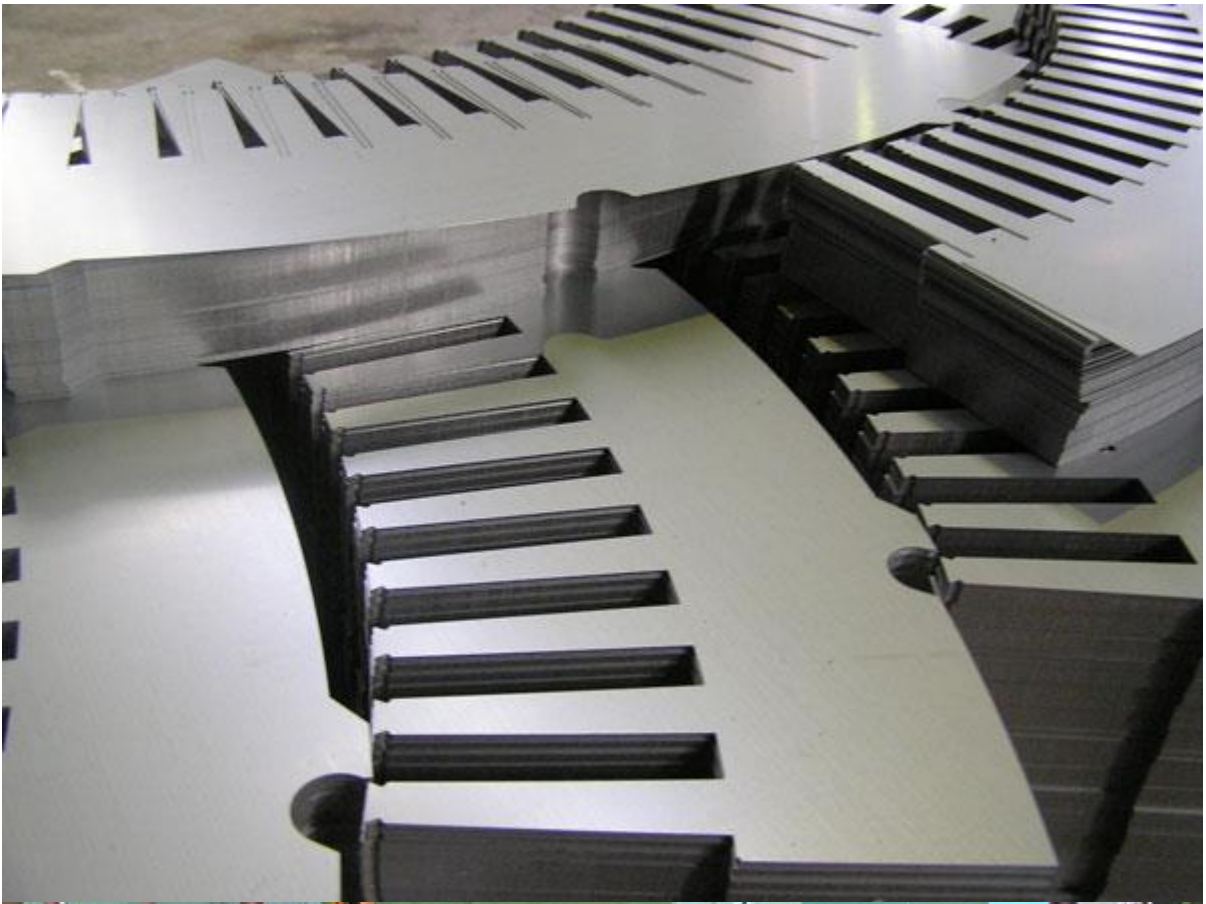








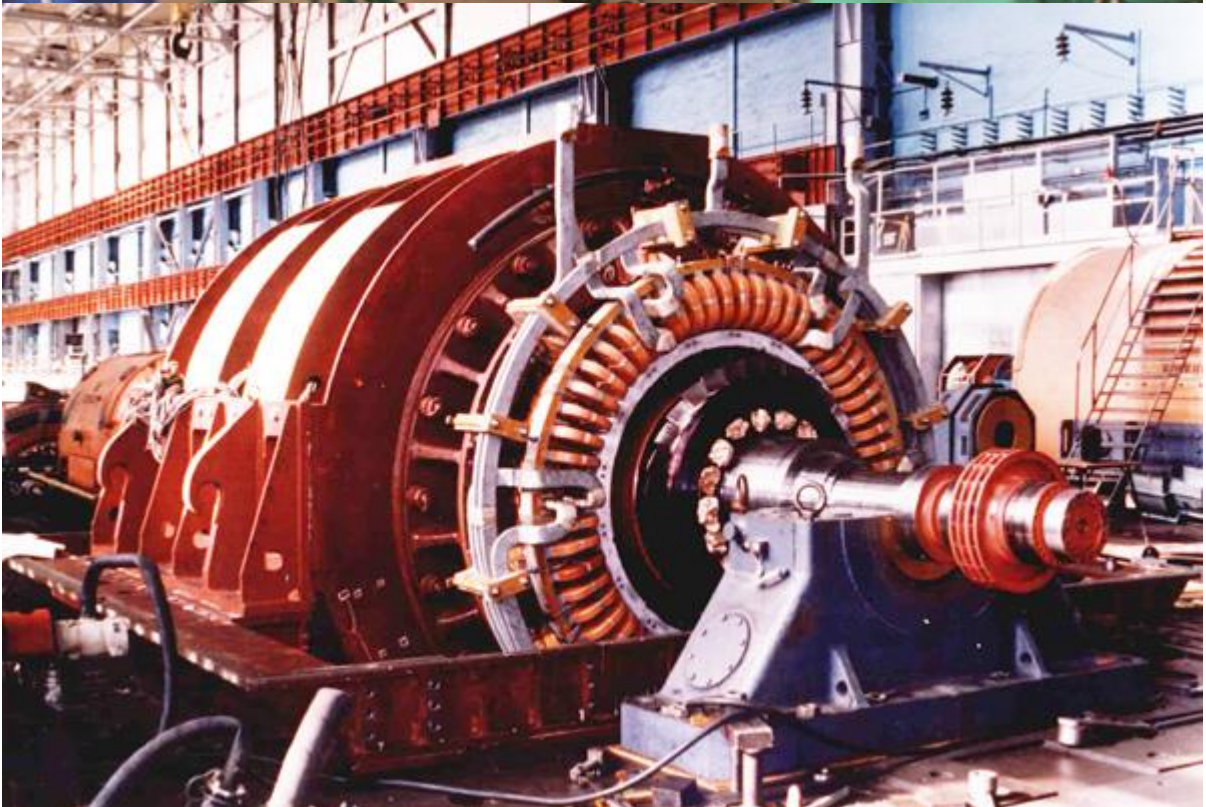












РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# ТЕСТЫ

по предмету

НАДЁЖНОСТЬ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

### 1. Что называется системой электроснабжения?

А) Системой электроснабжения называется – совокупность устройства, которая вырабатывает электроэнергию, преобразует, передаёт и распределяет электроэнергию..

Б) Системой электроснабжения называется – совокупность устройства, которая вырабатывает электроэнергию, распределяет, защищает и управляет

С) Системой электроснабжения называется – совокупность устройства, которая вырабатывает, распределяет, изучает конструкцию электрооборудования.

Д) Системой электроснабжения называется – совокупность устройства, которая вырабатывает электроэнергию, все электрические устройства.

Е) Системой электроснабжения называется – все электрические сети.

### 2. По какой формуле определяется максимальная нагрузка?

А)  $P_{\text{макс}} = P_{\text{см}} (30 \text{ мин})$

Б)  $P_{\text{макс}} = P_{\text{см}} (15 \text{ мин})$

С)  $P_{\text{макс}} = P_{\text{см}} (45 \text{ мин})$

Д)  $P_{\text{макс}} = P_{\text{см}} (60 \text{ мин})$

Е)  $P_{\text{макс}} = P_{\text{см}} (120 \text{ мин})$

### 3. На сколько групп делится потребители по режиму работы?

А) 3;

Б) 2

С) 1

Д) 4

Е) 5

### 4. Как определяется номинальный ток электродвигателя?

А)  $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$ ;

Б)  $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n}$

С)  $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos\varphi}$ ;

Д)  $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n \cos\varphi \cdot \eta}$ ;

Е)  $I_n = \frac{U_n}{R_n}$ ;

### 5. Укажите правильную формулу, определяющая потерю реактивной мощности в трансформаторе?

А)  $\Delta Q_T = 0,1 S_{\text{нн}}$ ;

Б)  $\Delta Q_T = 0,01 S_{\text{нн}}$ ;

С)  $\Delta Q_T = 0,03 S_{\text{нн}}$ ;

Д)  $\Delta Q_T = 0,02 S_{\text{нн}}$ ;

Е)  $\Delta Q_T = 0,2 S_{\text{нн}}$ ;

### 6. Укажите формулу, определяющая номинальную мощность сварочных трансформаторов и машин?

А)  $P_n = S_n \cos \varphi \cdot \sqrt{ПВ}$  ;

Б)  $P_n = P_n \cdot \sqrt{ПВ}$  ;

С)  $P_n = S_n \cos \varphi \eta$  ;

Д)  $P_n = P_n$  ;

Е)  $P_n = \sum P_n$  ;

**7. Как определяется коэффициент включения?**

А)  $K_B = t_B / t_{ц}$

Б)  $K_B = t_{ц1} / t_{ц}$  ;

С)  $K_B = t_{ц} / t_B$  ;

Д)  $K_B = t_{ц} / (t_B + t_{пауз})$  ;

Е)  $K_B = t_p / t_B$  ;

**8. Укажите формулу, определяющую модуль силовой сборки?**

А)  $m = \frac{P_{н.макс}}{P_{ном.мин}}$  ;

Б)  $m = \frac{P_{н.мин}}{P_{н.макс}}$  ;

С)  $m = \frac{P_{р.макс}}{P_{р.макс}}$  ;

Д)  $m = \frac{P_{н.макс}}{P_{с.мин}}$  ;

Е)  $m = \frac{P_{см.мин}}{P_{н.макс}}$

**9. Какой формулой определяется активное сопротивление трансформатора?**

А)  $R_T = \Delta P_m U_n^2 / S_n^2$

Б)  $R_T = \frac{S}{\sqrt{3} I^2}$

С)  $R_T = \frac{\sqrt{3} U}{I}$

Д)  $R_T = \frac{P_T}{\sqrt{3} I^2}$

Е)  $R_T = \frac{U}{I}$

**10. Чему равен  $\cos \varphi$ , если полная нагрузка синхронного двигателя равна 0%?**

А) 1,0

Б) 0,93

С) 0,95

Д) 0,97

Е) 0,9

11. Что означает данная формула?  $n = R_0 / (\eta R_3)$

- А) Количество вертикальных электродов
- Б) Количество горизонтальных полос.
- С) Количество общих электродов,
- Д) Определение длины каждого электрода
- Е) Определение сопротивления шины.

12. Укажите экономическую плотность тока для кабелей резиновой и пластмассовой изоляции на предприятиях 2-х сменной работы.?

- А) 1,7 А/мм<sup>2</sup>; Б) 1,6 А/мм<sup>2</sup>; С) 1,5 А/мм<sup>2</sup>; Д) 1,4 А/мм<sup>2</sup>; Е) 1,3 А/мм<sup>2</sup>

13. Как определяется мощность для построения картограммы электрических нагрузок?.

- А)  $P_i = \pi r^2 m$
- Б)  $P_i = \sqrt{\pi \cdot r^2} m$
- С)  $P_i = \sqrt{\pi \cdot r^2} m^2$
- Д)  $P_i = \frac{\pi r^2 m}{P_n}$
- Е)  $P_i = \frac{d^2 m}{P_n}$

14. Для чего определяется эффективное число приёмников?

Для определения:

- А)  $K_M$
- Б)  $K_H$
- С)  $K_C$
- Д)  $K_3$
- Е)  $K_\Phi$

15. Чему равно удельное сопротивление кабельных линий напряжением 10кВ с сечением 70мм<sup>2</sup>?

- А)  $X_0 = 0,086 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
- Б)  $X_0 = 0,066 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
- С)  $X_0 = 0,04 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
- Д)  $X_0 = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
- Е)  $X_0 = 0,2 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$

16. Что определяет эта формула?

$$X_c = U_{cp} / \sqrt{3} \cdot I_{кз}$$

- А) Сопротивление системы
- Б) Сопротивление синхронного двигателя.
- С). Сопротивление конденсатора.
- Д) Ёмкостное сопротивление
- Е) Относительное сопротивление синхронного генератора.

17. На сколько групп делятся потребители по степени надежности?

- А) 3
- Б) 2
- С) 4
- Д) 5
- Е) 6

18. Что определяет эта формула?  $P_n = P_n \sqrt{ПВ}$

- А) Номинальную мощность двигателя с повторно-кратковременным режимом работы.
- Б) Номинальную мощность силовых трансформаторов
- С) Номинальную мощность сварочных машин или электропечей
- Д) Номинальную мощность двигателя с длительным режимом работы
- Е) Номинальную мощность сварочных трансформаторов и машин

19. Какой коэффициент используется для определения среднемаксимальной мощности ?

- А)  $K_u$
- Б)  $K_C$
- С)  $K_3$
- Д)  $K_B$
- Е)  $K_M$

20. Укажите единицу измерения телесного угла?.

- А) стерадиан,
- Б) радиан
- С) радиан люкс,
- Д) люмен/свеча,
- Е) люмен/нит.

21. Что означает эта формула?  $C = C_3 / W$

- А) ) Стоимость 1кВт электроэнергии
- Б) Эксплуатационные расходы линий
- С) Эксплуатационные расходы трансформатора
- Д) Эксплуатационный расход в течение 1 суток
- Е) Стоимость 1кВт полной мощности синхронного двигателя

22. Сколько видов подключения конденсаторных батарей в сеть существует?

- А) 2 вида
- Б) 3 вида
- С) 4 вида
- Д) 5 видов
- Е) 6 видов

23. По какой формуле определяется ток в ставке предохранителей с тяжелым пуском работы ?

- А)  $I_{вс} \geq I_{пуск} / 2,5$
- Б)  $I_{вс} \geq I_{пуск} / (1,6 - 2,0)$



- С)  $I_{вс} \geq I_{пуск} / 2,5$
- Д)  $I_{вс} \geq I_{кр} / 2,7$
- Е)  $I_{вс} = I_{пуск}$

24. Как подключается амперметр к цепи?

- А) последовательно
- Б), параллельно
- С) смешанно
- Д) параллельно и последовательно,
- Е) все верно

25. Какой срок службы лампы накаливания (час)?

- А) 1000
- Б) 900
- С) 1100
- Д) 1200
- Е) 2000

26. Какой единицей измерения определяется мощность электрического тока?

- А) Вт
- Б) А
- С) В
- Д) Ж
- Е) Ф.

27. У каких ниже указанных материалов самая низкая проводимость?

- А) вольфрам,
- Б) алюминий,
- С) медь
- Д) серебро
- Е) сталь.

28. Каким прибором измеряют электроэнергию?

- А) индукционный счетчик,
- Б) ваттметр,
- С) амперметр,
- Д) вольтметр,
- Е) все верны.

29. Для чего служит асинхронный двигатель?

- А) Для преобразования механической энергии
- Б) Для преобразования тепловой энергии
- С) Для преобразования световой энергии
- Д) Для преобразования электроэнергии
- Е) Все ответы верны.

30. Укажите правильный ответ при поражении электрическим током ?

- А) 4-5 мин,
- Б) 14-15 мин,
- С) 13-16 мин,
- Д) 13-14 мин
- Е) 6-10 мин.

31. Сколько существует видов действия электрического тока?

- А) 4
- Б) 3
- С) 2
- Д) 5
- Е) 6

32. Сколько существует видов травм электрическим током?

- А) 2
- Б) 3
- С) 4
- Д) 5
- Е) 6

33. Сколько существует степеней электрического удара?

- А) 5
- Б) 4
- С) 3
- Д) 2
- Е) 1

34. Укажите правильный ответ функциональных частей релейной защиты и автоматики?

- А) Измерительный, логический, передающий, исполнительный .
- Б) Измерительный, логический, суммирующий, передающий.,
- С) Измерительный, запоминающий, преобразующий, исполнительный, блокирующий.
- Д) Измерительный , логический, исполнительный, блокирующий.
- Е) Чувствительный, исполнительный, передающий.

35. Для чего у силовых трансформаторов силовые обмотки соединяются  $\Delta, a$

у трансформаторов тока силовые обмотки соединяются  $\Delta/$

- А) Для выравнивания фаз токов
- Б) Для сложения токов
- С) Для компенсации величины напряжения
- Д) Для выравнивания групп
- Е) Для получения угла смещения тока на  $180^0$ .

36. Какой формулой определяется ток срабатывания реле в МТЗ?

- А)  $I_{cp} = \frac{K_{cx} \cdot I_{c3}}{K_I}$
- Б)  $I_{cp} = \frac{K_H \cdot I_{к.з.макс}}{\eta_{т.т}}$ ,
- С)  $I_{cp} = \frac{K_3 \cdot K_H \cdot I_{н.макс}}{K_6}$
- Д)  $I_{cp} = K_H \cdot I_{к.з.мин}$ ,
- Е)  $I_{cp} = K_{зап} \cdot I_{н.б.макс}$

37. Сколько видов максимальных нагрузок?

- А) 2  
 Б) 1  
 С) 3  
 Д) 4  
 Е) 5

38. По какой формуле определяется номинально активная мощность печных и сварочных трансформаторов?

- А)  $P_H = \sqrt{ПВ}_п \cdot S_{пас} \cdot \cos\varphi_п$   
 Б)  $P_H = S_{пас} \sqrt{ПВ}\eta$   
 С)  $P_H = P_{пас} \sqrt{ПВ}$   
 Д)  $P_H = S_{пас} \cdot \cos\varphi$   
 Е)  $P_H = P_п$

39. Сколько видов схем выполняет цеховые электрические сети?

- А) 3  
 Б) 4  
 С) 5  
 Д) 2  
 Е) 6

40. Сколько существует видов рабочего тока?

- А) 3 вида ;  
 Б) 2 вида;  
 С) 1 вид;  
 Д) 4 вида;  
 Е) 5 вида ;

41. Какой формулой определяется коэффициент использования?

- А)  $K_u = P_{см} / P_H$  ;  
 Б)  $K_u = P_{см} / P_p$  ;  
 С)  $K_u = P_p / P_H$   
 Д)  $K_u = P_M / P_H$  ;  
 Е)  $K_u = P_{ск} / P_p$  ;

42. Какой формулой определяется коэффициент спроса?

- А)  $K_c = P_p / P_H$  ;  
 Б)  $K_c = P_{уст} / P_c$

- С)  $K_c = P_c / P_M$ ;
- Д)  $K_c = P_H / P_{CM}$ ;
- Е)  $K_c = P_{CK} / P_c$ ;

43. Укажите формулу отклонения напряжения?

- А)  $V = U - U_H$ ;
- Б)  $V = U_2 - U_H$  ;
- С)  $V = U_{\text{сеть}} - U_{\text{потреб}}$ ;
- Д)  $V = U_1 - U_H$ ;
- Е)  $V = \frac{U_1 - U_2}{U_1}$

44. Сколько удельных потерь бывает у статического конденсатора, напряжением  $0,22 \div 0,5$  кВ?

- А) 0,004 кВт/кВар
- Б) 0,002 кВт/кВар
- С) 0,006 кВт/кВар
- Д) 0,001 кВт/кВар
- Е) 0,005 кВт/кВар

45. Сколько видов прокладок кабелей существует в промышленных предприятиях?

- А) 5
- Б) 3
- С) 4
- Д) 2
- Е) 6

46. Как определяется потеря активной мощности в линиях?

- А)  $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L$
- Б)  $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L X$
- С)  $\Delta P = \Delta P_H I^2 L$
- Д)  $\Delta P = I^2 R U$
- Е)  $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L R$

47. Сколько % составляет норма амортизационных отчислений для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами?

- А) 3,5 %
- Б) 3,0 %
- С) 2,5 %
- Д) 4,0 %
- Е) 4,5 %

48. Какой коэффициент используется для определения расчётной максимальной нагрузки?

- А)  $K_M$
- Б)  $K_c$
- С)  $K_B$
- Д)  $K_\phi$
- Е)  $K_H$

49. Чему равен ударный коэффициент ударного тока если не учесть R цепи?

- А) 1,8
- Б) 1,5
- С) 1,4
- Д) 2,4
- Е) 2,0

50. Сколько индивидуальных графиков нагрузки существует?

- А) 4
- Б) 3
- С) 2
- Д) 5
- Е) 6

51. Какие учитываются параметры для выбора выключателей?

- А) I, U, I<sub>кз</sub>, I<sub>уд</sub>, В<sub>к</sub>
- Б) I<sub>н</sub>, U, S, I<sub>y</sub>, T
- С) I<sub>н</sub>, U, S, P, В<sub>к</sub>
- Д) R, U, I<sub>н</sub>, I<sub>y</sub>, В<sub>к</sub>
- Е) J, U, S, R, I<sub>y</sub>, J<sub>4</sub>

52. Что означает данная формула?

$$P_n = S_n \cos \varphi_n \sqrt{PB}$$

- А) Номинальная активная мощность сварочных трансформаторов и машин,
- Б) Номинальная активная мощность силовых трансформаторов,
- С) Номинальная активная мощность сварочных машин или электропечей,
- Д) Номинальная активная мощность двигателей с длительным режимом работы,
- Е) Номинальная активная мощность двигателей с повторно-кратковременным режимом работы.

53. По какой формуле определяется коэффициент максимума?

А)  $K_m = \frac{P_m}{P_{cm}}$

Б)  $K_m = \frac{P_{cm}}{P_c}$

С)  $K_m = \frac{P_n}{P_m}$

Д)  $K_m = \frac{P_c}{P_n}$

Е)  $K_m = \frac{P_{ck}}{P_{уст}}$

54. Какой коэффициент используется для определения расчетной мощности?

- А) K<sub>с</sub>
- Б) K<sub>в</sub>
- С) K<sub>з</sub>
- Д) K<sub>и</sub>
- Е) K<sub>м</sub>

55. По какой формуле определяется модуль силовой сборки?

А)  $m = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{мин}}}$

Б)  $m = \frac{P_{\text{номс}}}{P_{\text{мин}}}$

С)  $m = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{тах}}}$

Д)  $m = \frac{P_{\phi}}{P_{\text{уст}}}$

Е)  $m = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{ск}}}$

56.Какая формула определяет потерю активной мощности в трансформаторах?

А)  $\Delta P_T = 0,02 S_{\text{нн}}$

Б) )  $\Delta P_T = 0,01 S_{\text{нн}}$

С)  $\Delta P_T = 0,04 S_{\text{нн}}$

Д) )  $\Delta P_T = 0,03 S_{\text{нн}}$

Е)  $\Delta P_T = 0,1 S_{\text{нн}}$

57.  $\Delta P = 3 I_{\text{ск}}^2 R \cdot 10^{-3}$  что определяет эта формула?

А) Потерю мощности в линиях

Б) Потерю мощности в двигателях

С) Потерю мощности в генераторах

Д) Потерю энергии

Е) Потерю мощности в трансформаторах

58.Сколько существуют мероприятий, не требующих компенсации реактивной мощности?

А) 7

Б) 4

С) 5

Д) 2

Е) 9

59.Во сколько увеличивается напряжение при резонансном зажигании люминесцентных ламп?

А) 1,5-2 раз

Б) 2-4 раз

С) 1-4 раз

Д) 3-4 раз

Е) 2-3 раз

60.  $\delta f = f_{\text{нб}} - f_{\text{нм}}$  что определяет данная формула?

А) Колебание частоты

Б) Среднюю частоту

С) Отклонение частоты

Д) Границу высокой частоты

Е) Минимальное значение изменения частоты

61. На сколько групп делятся защитные средства в электроустановках ?

- А) 4
- Б) 3
- С) 2
- Д) 5
- Е) 6

62. Что означает данная формула?

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

- А) Закон Ома для полной цепи
- Б) 2 Закон Кирхгофа
- С) Закон Ома для участка цепи
- Д) 1 Закон Кирхгофа
- Е) Все ответы верны

63. Для чего используется реактивная мощность ?

- А) Для вращения поля электродвигателя или для электромагнитной индукции трансформатора боты
- Б) Для уменьшения потери мощности
- С) Для выполнения полезной ра
- Д) Для повышения коэффициента мощности
- Е) все ответы верны.

64. Укажите неправильную формулу.

- А)  $X_c = -\frac{1}{\omega C}$
- Б)  $X_c = (-\omega C)^{-1}$
- С)  $R = \rho \frac{l}{S}$
- Д)  $R = \frac{U}{I}$ ,
- Е)  $X_L = \omega L$ ,

65. На каком элементе фаза тока и напряжения совпадают?

- А) на активной,
- Б) на индуктивной,
- С) на ёмкостной,
- Д) на активной и индуктивной,
- Е) Все ответы неверны.

66. Какие защитные средства напряжением выше 1000В являются дополнительными?

- А) Диэлектрические перчатки, боты, коврик, изоляционные диэлектрические основания;
- Б) Диэлектрические перчатки, указатель напряжения, подставка
- С) Коврик, перчатки, измерительный клещ, штанга;

- Д) Диэлектрические перчатки, штанга, боты, подставка;
- Е) Штанга, подставка, указатель напряжения, электроинструменты.

67. Укажите правильный ответ удельно-объемного сопротивления спинномозговой жидкости человека?

- А)  $0,5 \div 0,6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .
- Б)  $0,15 \div 0,25 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,
- С)  $0,25 \div 0,35 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,
- Д)  $0,4 \div 0,45 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,
- Е)  $0,1 \div 0,15 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,

68. Укажите верный ответ, когда оказывает первую помощь один человек?

- А) 2 раз вдувания, 15 раз надавливаний грудной клетки.
- Б) 2 раз вдувания, 10 раз надавливаний грудной клетки
- С) 2 раз вдувания, 11 раз надавливаний грудной клетки,
- Д) 2 раз вдувания, 5-7 раз надавливаний грудной клетки,
- Е) 1 раз вдувания, 15 раз надавливаний грудной клетки;

69. Если схема собрана в полную звезду, чему будет равен коэффициент схемы ?

- А) 1,
- Б)  $\sqrt{2}$ ,
- С)  $\sqrt{3}$ ,
- Д) 2,
- Е)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

70. Какие реле работают с поперечным поворотом якоря?

1) Реле времени, 2) Реле напряжения, 3) реле мощности, 4) реле тока.

- А) 2 и 4,
- Б) 3 и 4,
- С) 1 и 2
- Д) 1 и 3
- Е) 1 и 4.

71. Можно ли использовать фильтры обратной последовательности в качестве фильтров прямой последовательности?

- А) можно, если поменять фазы
- Б) нет
- С) можно
- Д) категорически запрещается
- Е) можно, только на короткое время.

72. Что входит в устройства автоматики системы электроснабжения?

- А) автоматическое регулирование и управление;
- Б) АПВ, АВР ;



С) АВР, АРН, АРВ;

Д) Автоматическое управление, АВР;

Е) АЧР, АВР и автоматическое регулирование.

73. По какой формуле определяется средняя максимальная мощность ?

А)  $P_{см} = K_{и} P_{н}$

Б)  $P_{см} = K_{м} P_{н}$

С)  $P_{см} = P_{н} K_{ф}$

Д)  $P_{см} = K_{с} P_{с}$

Е)  $P_{см} = K_{и} \cdot K_{м} \cdot P_{н}$

74. На сколько групп делиться напряжение электропотребителя внутри завода?

А) 2 группы;

Б) 1 группу;

С) 3 группы ;

Д) 4 группы ;

Е) 5 групп ;

75. Сколько существует видов графиков эл. нагрузок ?

А) 2 ;

Б) 3;

С) 4 ;

Д) 6

Е) 5 ;

76. Как определяется номинальная мощность электропотребителя с повторно коротко-временным режимом работы ?

А)  $P_{н} = P_{п} \sqrt{ПВ}$

Б);  $P_{н} = S_{п} \cos \varphi$  ;

С)  $P_{н} = S_{п} \cos \varphi \sqrt{ПВ} / n$ ;

Д)  $P_{н} = P_{п}$  ;

Е)  $S_{н} = S_{пас} \sqrt{ПВ}$  ;

77. Укажите формулу определения тока вставки предохранителя для металлорежущих станков, вентиляторов и насосов ?

А)  $I_{вс} = I_{п} / 2,5$  ;

Б)  $I_{вс} \geq I_{п} / (1,6 - 2,0)$

С)  $I_{вс} \geq I_{п} / 3$ ;

Д)  $I_{вс} = I_{кр} / 2,0$  ;

Е)  $I_{вс} \geq I_{п} / 1,6$  ;

78. Укажите формулу, определяющую коэффициент формы?

А)  $K_{фа} = \frac{P_{ск}}{P_c}$  ;

Б)  $K_{фа} = \frac{P_{н}}{P_p}$  ;

С)  $K_{фа} = \frac{P_p}{P_{уст}}$  ;

Д)  $K_{\phi a} = P_{\phi} / P_c$  ;

Е)  $K_{\phi a} = \frac{P_p}{P_n}$  ;

79. Чему равен коэффициент загрузки при длительном режиме работы потребителей?

А)  $K_3 = 0,6 - 0,7$ ;

Б)  $K_3 = 0,85 - 0,9$  ;

С)  $K_3 = 0,8 - 0,9$  ;

Д)  $K_3 = 0,75 - 0,85$ ;

Е)  $K_3 = 0,7 - 0,8$ ;

80. Как определяется максимальная реактивная мощность, если  $n > 10$ ?

А)  $Q_M = Q_{CM}$

Б)  $Q_M = Q_n K_c$

С)  $Q_M = Q_c K_u$

Д)  $Q_M = Q_{CK}$

Е)  $Q_M = Q_p K_{\phi}$

81. У каких потребителей  $P_n = P_{п.}$  ?

А) Активное сопротивление, нагревательные элементы;

Б) Краны, станки, лифты;

С) Сварочные аппараты и электроприводы

Д) Синхронные двигатели, электрические тельферы;

Е) Вентиляторы и насосы.

82. Сколько существует видов мероприятий, не требующие компенсации реактивной мощности?

А) 7

Б) 4

С) 5

Д) 6

Е) 3 .

83. Как определяется стоимость 1кВт?

А)  $C = C_{эл} / W$

Б)  $C = K_{ген} / W$

С)  $C = 3W$

Д)  $C = U_{пэ} / W$

Е)  $C = U_3 / W$

84. Сколько существует категорий молниезащиты зданий и сооружений?

А) 3

Б) 2

С) 4

Д) 5

Е) 6

85. Чему равен  $\cos \phi$  , если синхронный двигатель работает 11% полной мощностью?

- А)  $\cos\varphi = 0,9$
- Б)  $\cos\varphi = 0,83$
- С)  $\cos\varphi = 0,85$
- Д)  $\cos\varphi = 0,8$
- Е)  $\cos\varphi = 0,95$

86. Для чего нужен ЦЭН?

- А) для определения точки рационального распределения электроэнергии
- Б) для определения места максимальной нагрузки
- Д) для правильного выбора мощности подстанции
- С) для правильного выбора мощности силового трансформатора
- Е) для 10 кВ РП.

87. При каких условиях учитывается активное сопротивление?

Если:

- А)  $R > 0,3 \text{ х}$
- Б)  $R > 1,6 \text{ х}$
- С)  $R \leq 0,5 \text{ х}$
- Д)  $R \leq 0,3 \text{ х}$
- Е)  $R < 0,8 \text{ х}$

88. Какие номинальные напряжения используются при расчете К.З?

- А) 0,23; 0,4; 0,69; 6,3; 10,5; 37, 115, 230 кВ
- Б) 0,23; 0,38; 0,69; 6,3; 10,8; 35, 110, 220 кВ
- С) 0,23; 0,4; 0,66; 6,3; 11, 36, 115, 215 кВ
- Д) 0,23; 0,4; 0,69; 6,0; 11,37, 115, 225 кВ
- Е) 0,23; 0,38; 0,69; 6,0; 10,5; 35, 110, 230 кВ

89. На сколько групп делятся потребители по напряжению?

- А) 2
- Б) 4
- С) 3
- Д) 6
- Е) 5

90. Норма амортизационного отчисления в силовых трансформаторах?

- А) 6,3
- Б) 5,3
- С) 4,3
- Д) 7,3
- Е) 8,2

91. Сколько пропускает свет оконное стекло?

- А) 90
- Б) 85
- С) 75
- Д) 95
- Е) 98

92. По какой формуле определяется потеря активной мощности в линиях?

- А)  $\Delta P_{\text{л}} = 0,03 S_{\text{нн}}$

Б)  $\Delta P_{л} = 0,01 S_{нн}$

С)  $\Delta P_{л} = 0,1 S_{нн}$

Д)  $\Delta P_{л} = 0,05 S_{нн}$

Е)  $\Delta P_{л} = 0,06 S_{нн}$

93. Сколько существует мероприятий, выполняющие с компенсацией реактивной мощностью?

А) 2

Б) 4

С) 3

Д) 5

Е) 1

94. С какими номинальными токами выпускаются предохранители?

А)  $15 \div 1000 \text{ A}$

Б)  $10 \div 600 \text{ A}$

С)  $5 \div 500 \text{ A}$

Д)  $20 \div 1500 \text{ A}$

Е)  $10 \div 800 \text{ A}$

95. На сколько групп делятся подстанции по мощности?

А) 3

Б) 4

С) 5

Д) 2

Е) 6

96. По какой формуле определяется потеря активной мощности в линиях ?

А)  $\Delta P = 3I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}$

Б)  $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U} X$

С)  $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}$

Д)  $\Delta P = \sqrt{3UIR} \cdot 10^{-3}$

Е)  $\Delta P = \frac{P + Q}{U}$

97. Сколько существует персоналов, обслуживающие электроустановки?

А) 5

Б) 4

С) 3

Д) 6

Е) 7

98. Какой элемент накапливает заряд?

А) конденсатор

Б) индуктивность

- С) резистор
- Д) магнитный сердечник
- Е) нет верного ответа

99 Для чего используется силовой трансформатор при передаче электроэнергии?

Укажите неправильный ответ.

- А) для сокращения длины линии
- Б) для повышения напряжения,
- С) для экономии цветных металлов
- Д) для уменьшение тока
- Е) для уменьшения потери мощности.

100. Какой проводник используется для получения тепловой электроэнергии?

- А) нихром
- Б) сталь
- С) медь
- Д) железо
- Е) серебро

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ

по предмету

## НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Навои

# КРИТЕРИИ ОЦЕНОК

знаний студентов на основе рейтинговой системы

по

дисциплине

## «НАДЁЖНОСТЬ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

Критерии оценок разработаны в соответствии с приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан от 13 декабря 2013 года № 470 и Министерства Юстиции от 13 декабря 2013 года № 1981-2 “ Об Уставе контроля и оценки рейтинговой системы знаний студентов в высших учебных заведениях.

Данные критерии оценок по дисциплине “Надёжность сетей электроснабжения” предназначены для студентов 4 курса для Электроэнергетический направлений образования бакалавриата.

Критерии оценок обсуждены и утверждены на заседании №1 кафедры «Электроэнергетика» от \_\_\_\_ августа 2018 г.

Критерии оценок по дисциплине “Надёжность сетей электроснабжения” утверждена на совете Энерго-механического факультета решением № 1 от \_\_\_\_ августа 2018 г.

## **Введение**

Национальная программа по подготовке кадров Республики Узбекистан определяет потребность всех сфер народного хозяйства в высококвалифицированных специалистах, владеющих передовыми достижениями науки и производства, навыками профессионального общения в условиях новых экономических отношений. Вхождение республики в мировой рынок, расширение международных связей обуславливают необходимость формирования языковой культуры студентов на иностранных языках, особенно мировых, в число которых входит русский язык.

Критерии оценок разработаны в соответствии с приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан от 13 декабря 2013 года № 470 и Министерства Юстиции от 13 декабря 2013 года № 1981-2 “ Об Уставе контроля и оценки рейтинговой системы знаний студентов в высших учебных заведениях.

Сведения о рейтинговых таблицах, видах, формах и количествах рейтингового контроля, а также об отведённом максимальном балле объявляется студентам на первой паре занятия по предмету “Надёжность сетей электроснабжения”.

### **Этапы и формы проведения рейтинга по предмету «Основы энергосбережения»**

Изучение данного предмета предусмотрено для бакалавров 2-курса Электроэнергетический направлений бакалавриата на VIII семестре учебного года.

Оценка усвоения бакалаврами данного предмета в течение всего семестра проводится на основе следующих показателей:

- Текущая контрольная оценка – (ТК);
- Промежуточная контрольная оценка-(ПК)
- Итоговая контрольная оценка – (ИК);

**Текущая контрольная оценка (ТК)** – предусматривает оценку знаний бакалавров, полученных за усвоение каждой проведенной темы по данному предмету. Обычно ТК оценивается на практических занятиях. В первую очередь, ТК включает в себе уровень усвоения бакалавром знаний в аудитории, т.е. активность на занятиях, которая включает в себе следующее:

- Качественное конспектирование темы, активное участие в дискуссиях;
- Правильное выполнение заданий, упражнений по пройденной теме;
- Высокая подготовка к практическим занятиям, активное участие в решении проблемных задач, ситуаций, тестов и др.

Показатели усвоения по дисциплине «Основы энергосбережения» оцениваются по 100 бальной системе. Из них для ТК предусмотрено всего 35%, т.е. 35 баллов. В ТК также включаются выполнение самостоятельной работы, подготовленный реферат, домашнее задание, пересказ содержания пройденных текстов; Выполнение заданий и упражнений по тексту специальности.





**Рейтинговая таблица по дисциплине  
«Надёжность сетей электроснабжения»  
за 8 семестр**

П/п	Виды контроля	Количество	Балл и кол.	Итого баллов
<b>1. ТК - 35 балл</b>				
1.1.	Выполнение практических занятий	6	6x3,5	21
1.2.	Выполнение самостоятельных работ	2	7x2	14
<b>2. ПК-35 балл</b>				
2.1	ПК-1, письменная ,(3 вопроса)	1	3x3.66	11
2.2	ПК-2, письменная ,(3 вопроса)	1	3x3.33	10
2.3	Выполнение самостоятельных работ	2	2x7	14
<b>3. ИК-30 балл</b>				
3.1	Итоговая контрольная работа (3 задания)	1	10x3	30
<b>ИТОГО</b>				<b>100</b>

**Критерии оценок за 8 семестр**

Критерии оценок за единицу *самостоятельной работы, лабораторного занятия и практического занятия* определяются по нижеследующим показателям:

%	Балл	Положение для оценки знаний бакалавра
86 -100	Самостоятельная работа: (7-6,02 б)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ показатель усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам;</li> <li>➤ творческий подход к решению проблемы;</li> <li>➤ самостоятельная работа;</li> <li>➤ самостоятельное мышление;</li> <li>➤ полное уяснение основных правил, исходя из усвоения понятия и значения предмета;</li> <li>➤ иметь полное представление и уметь анализировать происходящие внутри страны духовно – просветительские изменения и др.</li> <li>➤ примерное поведение.</li> </ul>
	Практическая занятия: (3,5-3 б)	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ показатель неполного усвоения теоретических и практических знаний по</li> </ul>

71 - 85	Самостоятельная работа: (6,02-4,97 б)  Практическая занятия: (3-2,49 б)	пройденным темам; ➤ делать выводы и предложения по заданиям и самостоятельной работе; ➤ определенное уяснение основных правил, исходя из усвоения понятия и значения предмета; ➤ иметь определенное представление и уметь анализировать происходящие внутри страны духовно- просветительские изменения и др.
55 – 70	Самостоятельная работа: (4,97-3,85 б)  Практическая занятия: (2,49-1,93 б)	➤ усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам; делать выводы и предложения по заданиям самостоятельной работ; определенное уяснение основных правил, исходя из усвоения понятия и значения предмета. полное представление и уметь анализировать происходящие внутри страны духовно – просветительские изменения и др.

**Промежуточная (1-промежуточная) оценка проводится в письменном форме** – в нём требуется ответить на 3 вопроса. Каждый ответ оценивается до 3,66 бала.

-Если ответы на вопросы будет полностью раскрыта, будут точны и мышление ясны, то оценивается от 3,66 до 3,15 бала.

-Если ответы на вопросы будут всеобщий, но не все мышление будут точны, то оценивается от 3,15 до 2,6 бала.

-Если постарался ответит на вопросы, но не ответил точно и мышление будут запутанные, то оценивается от 2,6 до 2 балла

-Если не ответил ни на одного вопроса или мышление запутанные и на ответах мнение не правильные то оценивается от 2 до 0 балла.

### **Вопросы для первой промежуточной котрольной**

- 1.Основные понятие теории надёжности.
- 2.Понятие отказа
- 3.Классификация отказа
- 4.Потоки отказа элементов и их особенности.
- 5.Теория вероятности и применение его в расчетах надёжности.
- 6.Системы электроснабжения и показатели надёжности элементов электротехнических оборудования.

**Промежуточная (2-промежуточная) оценка проводится в письменном форме** – в нём требуется ответить на 3 вопроса. Каждый ответ оценивается до 3,66 бала.

-Если ответы на вопросы будут полностью раскрыты, будут точны и мышление ясны, то оценивается от 3,33 до 2,86 бала.

-Если ответы на вопросы будут всеобщий, но не все мышление будут точны, то оценивается от 2,86 до 2,36 бала.

-Если постарался ответить на вопросы, но не ответил точно и мышление будут запутанные, то оценивается от 2,36 до 1,83 балла

-Если не ответил ни на одного вопроса или мышление запутанные и на ответах мнение не правильные то оценивается от 1,83 до 0 балла.

### **Вопросы для второй промежуточной контрольной**

1.Цифровая оценка надёжности основных оборудования систем электроснабжения.

2.Методы расчетов надёжности сложных схем.

3.Причины отказа электроэнергетических установок.

4.Технико-экономический анализ надёжности по методу приведенных затрат.

5.Средство обеспечивающий надёжности сетей электроснабжения

### **Темы практических занятий**

1.Определение показателей надёжности элементов систем электроснабжения

2.Расчет надёжности при последовательном соединении элементов

3.Расчет надёжности при параллельном соединении элементов

4.Учет намеренное отключение в расчете надёжности элементов

5.Аналитическое способы расчета вероятности в расчете соединении сложных электрических схем

6.Расчет токов короткого замыкания.

# НАИМИНОВАНИЕ ТЕМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данную тему целесообразно начинать с изучения электрической цепи однофазного тока, содержащей катушку со стальным сердечником, а затем переходить непосредственно к изучению трансформатора.

Рассматривая физические процессы, возникающие в трансформаторе, необходимо обратить особое внимание на то положение, что при изменении нагрузки трансформатора в широком диапазоне (от холостого хода до номинального режима) магнитный поток может считаться практически постоянным и равным магнитному потоку в режиме холостого хода. Это в свою очередь определяет постоянство потерь в стали, которые легко определяются из режима холостого хода.

При рассмотрении режима «нормального» короткого замыкания получается, что магнитный поток в сердечнике трансформатора настолько мал, что им можно пренебречь, а следовательно, при этом режиме потери в стали трансформатора практически равны нулю, а потери в меди (в обмотках трансформатора) равны потерям при номинальной нагрузке трансформатора. Величины токов, напряжений и мощностей, полученные из режимов холостого хода и «нормального» короткого замыкания, позволяют определить основные параметры трансформатора.

В паспорте трехфазных трансформаторов дается номинальная мощность и мощность потерь всех трех фаз; под номинальными напряжениями понимаются линейные напряжения на зажимах трансформатора в режиме холостого хода, а под номинальными токами - линейные токи независимо от схемы соединения обмоток.

После изучения настоящего раздела студенты должны;

1) знать основные элементы конструкции трансформатора; выражение для коэффициента трансформации; уравнения электрического и магнитного состояний трансформатора;

2) понимать назначение опытов холостого хода и короткого замыкания; сущность «приведения» параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной; различие опыта короткого замыкания и режима короткого замыкания трансформатора; причины изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора; принципы построения векторных диаграмм для различных нагрузок;

3) уметь анализировать различные режимы работы трансформатора; читать паспорт трансформатора; включать приемника и электроизмерительные приборы для определения напряжений, токов и мощностей; предвидеть последствия коммутационных изменений в цепи нагрузки на электрическое состояние трансформатора.

Теория трансформатора полностью распространяется на автотрансформаторы и измерительные трансформаторы. Поэтому при их изучении следует обратить внимание на область их применения и особенности работы.

## ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СТУДЕНТАМ:

В период изучения дисциплины студент должен знать и уметь:

Цель и задачи дисциплины «Надёжность электроснабжения»;

Место Надёжность электроснабжения в повседневной жизни и в общепроизводственной системе;

Силовые трансформаторы и их элементы;

Элемент трансформаторов напряжения и тока;

Конструкции и виды электродвигателей;

Конструкция и принцип работы генераторов;

Конструкция и принцип работы двигателей постоянного тока;

№	НАИМЕНОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ
1	ТМ-1000/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
2	ТМ-1000/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
3	ТМ-1600/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
4	ТМ-1600/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
5	ТМ-2500/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
6	ТМ-2500/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
7	ТМ-4000/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
8	ТМ-6300/10-У1 Изучить принцип работы и характеристику
9	ТМН-1000/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
10	ТМН-2500/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
11	ТМН-4000/20-У1 Изучить принцип работы и характеристику
12	ТМН-6300/20-У1 Изучить принцип работы и характеристику
13	ТМН-6300/35-У1 Изучить принцип работы и характеристику
14	ТДН-10000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
15	ТДТН-10000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
16	ТДТН-16000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
17	ТДН-16000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
18	ТДТН-25000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
19	ТРДН-25000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
20	ТРДН-32000/150-у1 Изучить принцип работы и характеристику
21	ТДТН-40000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
22	ТДН-40000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
23	ТДТН-40000/150-у1 Изучить принцип работы и характеристику
24	ТДТН-63000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику
25	ТРДН-63000/110-у1 Изучить принцип работы и характеристику

### Задача №1

Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальной режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_n$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ;

кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты;

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}} ;$$

критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  
 величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$  ;  $S_k$  ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0.  
 Построит механическую характеристику  $n(M)$  электродвигателя.

## Задача №2

### Вариант №1

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением 380В частотой  $f=50$ Гц. Величина, характеризующие номинальной режим двигателя: мощность на валу  $P_n$ ; скольжение  $S_H$  коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ ; КПД  $\eta_n$ ; число пар полюсов  $P$ ; кратности максимального и пускового моментов относительно номинального  $m_k$  и  $m_n$ . Определит ток, потребляемый двигателем из сети; частоту вращения ротора при номинальном режиме; номинальный, максимальный и пусковой моменты;

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S}} ;$$

критическое скольжение, пользуется приближенной формулой  
 величины моментов, используя эту формулу и частоту вращения ротора, соответствующие значениям скольжений;  $S_H$  ;  $S_k$  ; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0.  
 Построит механическую характеристику  $n = f(M)$  электродвигателя.

Дано:  $P_n=0,75$  кВт,  $\eta_n=77\%$  ;  $\cos\varphi_n=0,87$ ;  $S_H=5,9\%$ ;  $p=1$ ;

$U_L=380$  В ;  $m_k=2,2$  ;  $m_n=2,0$  ;  $f=50$  Гц.

Определяем номинальную мощность, потребляемую из сети:

$$P_{1n} = P_n / \eta_n = 0,75 / 0,77 = 0,97 \text{ кВт.}$$

Определяем ток из сети в номинальном режиме:

$$J_{1n} = \frac{P_{1n}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi_n} = \frac{0,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87} = 0,17 \text{ А.}$$

Определяем частоту вращения магнитного поля в номинальном режиме:

$$n_c = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об/мин.}$$

Определяем частоту вращения ротора в номинальном режиме:

$$n_H = n_c(1 - s_H) = 3000(1 - 0,059) = 2823 \text{ об/мин}$$

Определяем номинальный момент двигателя

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \frac{0,75 \cdot 10^3}{2823} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определяем пусковой момент двигателя:

$$M_{max} = M_H \cdot m_{II} = 2,5 \cdot 2,0 = 5,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Определяем максимальный момент двигателя:

$$M_{max} = M_H \cdot m_K = 2,5 \cdot 2,2 = 5,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Находим критическое скольжение по уравнению Клосса:

$$M = \frac{2M_{MAX}}{\frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}}} \quad \text{или} \quad \frac{S_{KP}}{S_H} + \frac{S_H}{S_{KP}} = 2m_K, \quad s_{KP}^2 - 2m_K \cdot s_H \cdot s_{KP} + s_H^2 = 0,$$

$$s_{KP} = 0,13 \pm \sqrt{0,13^2 - 3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,13 \pm 0,116 \quad \text{или} \quad s_{KP} = 0,246.$$

Рассчитываем и строим механическую характеристику  $n = f(M)$  по формуле Клосса:

при  $s = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ .  $S_H$ ;  $S_{KP}$ ; по  $n = n_C \cdot (1-s)$ . Результаты заносим в таблицу

S	0	$S_H$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
$n \cdot 10^3 \text{ об/мин}$	3,0	2,268	2,7	2,4	1,8	1,2	0,6
M, Нм	0	5,6	3,8	5,4	4,9	3,9	3,2

**ОТВЕТ:**  $I_{1H} = 0,17 \text{ А}$ ,  $n_H = 2823 \text{ об/мин}$ ,  $M_{II} = 5,0 \text{ Нм}$ ,  $M_{max} = 5,5 \text{ Нм}$ ,  
 $M_H = 2,5 \text{ Нм}$ ,  $s_{KP} = 0,246$ .

Вариант	Данные к задаче 1						
	$P_n$ кВт	$\eta_H$ %	$\cos \varphi_n$	$S_H$ %	P	$m_n$	$m_k$
1	0,75	77	0,87	5,9	1	2,2	2,0
2	0,12	63	0,7	9,7	1	2,2	2,0
3	11	88	0,9	2,3	1	2,3	1,7
4	90	90	0,9	1,4	1	2,5	1,2
5	0,25	63	0,65	9,0	2	2,2	2,0
6	4,0	84	0,84	4,4	2	2,4	2,0
7	22	90	0,9	2,0	2	2,3	1,4
8	75	93	0,9	1,2	2	2,3	1,2
9	0,18	56	0,62	11,5	3	2,2	2,2
10	3,0	81	0,76	4,7	3	2,5	2,0
11	30	90,5	0,9	2,1	3	2,4	1,3
12	75	92	0,89	2,0	3	2,2	1,2
13	0,55	64	0,65	9,0	4	1,7	1,6



14	7,5	86	0,75	2,5	4	2,2	1,4
15	30	90	0,81	1,8	4	2,1	1,3
16	110	93	0,85	1,5	4	2,3	1,2
17	37	91	0,78	1,7	5	1,8	1,0
18	90	92,5	0,83	1,6	5	1,8	1,0
19	45	90,5	0,75	2,5	6	1,8	1,0
20	75	91,5	0,76	1,5	6	1,8	1,0

Студент, набравший выше **55% - 396** от отведённого общего балла текущего контроля имеет право участвовать в итоговом контроле. Варианты итогового контроля не повторяются, каждый вариант состоит из 3-х заданий.

Итоговый контроль (**ИК**) по дисциплине «Основы энергосбережения» проводится в письменной и устной форме, каждому заданию отведено 10 баллов. Письменная и устная форма проведения **ИК** дает возможность бакалавру наиболее полно излагать свое мнение.

Студент:

- а) должен полностью выполнить 3 задания, чтобы набрать 30 баллов;
- б) должен полностью выполнить 2 задания и частично 1 задание, чтобы набрать от 21 до 25 баллов;
- в) должен полностью выполнить 2 задания, чтобы набрать от 17 до 20 баллов;
- г) должен полностью выполнить 1 задание и частично 1 задание, чтобы набрать от 1- 16 баллов.

Общий набранный балл студента по каждому виду контроля считается по следующей формуле:

$$ОБ=ТК+ПК+ИК$$

Здесь: ТК-текущий контроль; ПК- Промежуточный контроль; ИК-итоговый контроль. Преподаватель оценивает письменную и устную работу в течение двух дней, затем должен объявить баллы и зафиксировать в соответствующих документах. Рейтинг студента по предмету определяется в нижеследующем виде:

$$P=(ОЧ*УУ)/100$$

Здесь: ОЧ – отведённые общие часы по предмету за семестр (в часах); УУ – уровень успеваемости по предмету (в баллах).

### **Порядок регистрации рейтинговых результатов**

Набранные баллы по видам контроля по предмету регистрируются в конце каждого семестра преподавателем в рейтинговой ведомости и книжке.

## ЛИТЕРАТУРА

6. Электротехнический справочник: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии./ под общ. Ред. профессоров МЭИ.-М: Издательство МЭИ.2004,964с.
7. Гуд Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике: Учеб. Пособие для ВУЗов-Л: Энергоатомиздат 1990-208с.
8. Фокин Ю.А. Вероятностно- статистические методы в расчетах систем электроснабжения М. Энергоатомиздат 1985-240с.
9. Фокин Ю.А. Туфанов В.А. Оценка надежности систем электроснабжения. М. Энергоиздат, 1981-224с.
- 10.Зорин В.В. Тесленко В.В. Клеппель Ф. Адлер Г. Надежность систем электроснабжения. Киев: Веща школа, 1984-192с.

### Дополнительная литература

8. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики. Учебник для студентов ВУЗов/Под ред. В.А. Веникова – М.: Высш школа, 1981 й. 288 с.
9. Диллон Б. Синих Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем: Пер. англ.-М: «Мир» 1984-318с.
10. Эндрени Дж. Моделирование при расчетах надежности в электроэнергетических системах: Пер. с англ./ Под ред. Ю. Н. Руденко. М. Энергоатомиздат 1983
11. Гук Ю.Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. Л. Энергоатомиздат. 1988.
12. Китушин В.Г. Надежность энергетических систем: Учеб. Пособие для электроэнергетик. спец. ВУЗов.- М. Высш. Шк. 1984-256с.
13. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. М. Энергоатомиздат. 1984-200с.
14. Фокин Ю.А. Надежность и эффективность сетей электрических систем. М. Высш. Шк. 1989-151с.

### Интернет сайты.

4. Сайт: [www.energsoyuz.spb.ru](http://www.energsoyuz.spb.ru)
5. Сайт: [www.anares.ru/oik](http://www.anares.ru/oik)
6. Сайт: [www.rtsoft.ru](http://www.rtsoft.ru)