

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по дисциплине

# «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»

Производственно техническая сфера	300 000 – Инженерное дело
Направление отраслям	310 000 – Энергетика (по отраслям)
Направление образования:	310200 – Электроэнергетика (по отраслям и направлениям)

Навои- 2017

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»



“ УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по учебной работе:

*Н. Абдуазизов* Н.Абдуазизов

30 08 2017 г.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по дисциплине

## «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»

Данный учебно-методический комплекс по “Электрические сети и системы” составлен на основе типовой программе рассмотренные на заседании учебно-методический объединение Министерство Высшего и Средний специального образования протокол № 4 «16» 07 2015 г. и составлена рабочая программа в рамках типовой программе. По рабочий программе подготовлены лекционные материалы, практических занятий, балы рейтинговой оценки и вопросы тестов.

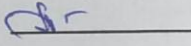
Методический комплекс по дисциплине «Электрические сети и системы» входит: типовая программа, учебно-рабочая программа, лекционные занятия, лабораторных и практических занятий, общие вопросы, тесты, глосарий и критери оценки и предназначен для самостоятельной подготовки лекционных занятий, порядок выполнения лабораторных работ и решение практических работ, а также для выполнения курсовых проектов. Студенты, выполняющие, эти работы одновременно изучают теории данного курса.

Данный учебно-методический комплекс по « Электрические сети и системы » предназначен для студентов обучающихся по направлению 5310200 “Электроэнергетика”( по отраслям) .

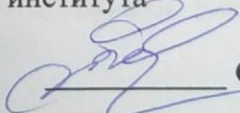
**Составители:** Доц.Шайматов Б.Х., ст.преп.Холмуродов М.Б

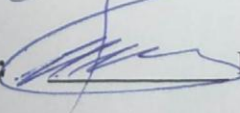
**Рецензенты:** Хусанов Б. Начальник сетей высокого напряжения Навоийского электрического сетей  
Эшмуродов Э.О. доцент кафедре Автоматизации и управление

УМК обсуждена на заседание кафедры «Электроэнергетика» от «25» августа 2017 г. протоколом № 1 и рекомендована на рассмотрение учебно-методическом советом факультета

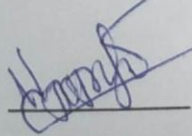
**Зав кафедрой:**  к.т.н.доц. А.Н.Товбаев

Учебно-методический комплекс рассмотрена учебно-методическом советом факультета протоколом № 1 «26» 08 2017 г. и рекомендована на утверждение учебно-методическом советом института

**Председатель учебно-методическом совета факультета:**  С.Ж.Бозорова

**Согласовано:**  
**Начальник учебно-методического отдела:**  И.А.Каримов

Учебно-методический комплекс решением учебно-методическим советом института от «30.08 2017 г. протоколом № 1 рекомендована в учебный процесс.

**Секретарь учебно-методический совета института:**  М.Ж. Норматова

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ.....</b>	<b>6</b>
Ведение.....	7
<b>Т Е М А № 1</b>	
Основы определения расчетных параметров однофазных эквивалентных элементов трехфазной электрической сети.....	8
<b>ТЕМА № 2</b>	
Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на дальние расстояния.	11
<b>ТЕМА № 3</b>	
Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей.....	15
<b>ТЕМА № 4</b>	
Расчёт режимов замкнутых электрических сетей .....	19
<b>ТЕМА № 5</b>	
Расчёт режимов электрических сетей на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН).....	26
<b>ТЕМА № 6</b>	
Баланса активной мощности и его связь с частотой.....	31
<b>ТЕМА № 7</b>	
Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением.....	35
<b>ТЕМА № 8</b>	
Качество электрической энергии и его обеспечению.....	38
<b>ТЕМА № 9</b>	
Технико - экономические расчетов электрических сетей.....	46
<b>ТЕМА № 10</b>	
Мероприятия по уменьшению потерь мощности и электроэнергии.....	51
<b>ТЕМА № 11.</b>	
Расчёт воздушных линий электропередач на механическую прочности.....	55
<b>II. УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ЛЕКЦИЯ, УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ).....</b>	<b>65</b>
<b>1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1</b>	
Ознакомление с основными элементами воздушных линий.....	68
<b>2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2</b>	
Расчет номенального режима на статической модели переменного тока... ..	77
<b>3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3</b>	
Исследование режимов работы дальних линий электропередач.....	81
<b>4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4</b>	
Исследование холостого хода дальних ЛЭП.....	84
<b>5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5</b>	
Регулирование напряжения в районных электрических сетях.....	85
<b>III. СБОРНИК ЗАДАЧИ И УПРОЖНЕНИЕ.....</b>	<b>89</b>

<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА .....</b>	<b>92</b>
<b>КУРСОВАЯ ПРОЕКТ.....</b>	<b>98</b>
<b>IV.ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>134</b>
<b>1.ТИПОВАЯ ПРОГРАММА .....</b>	<b>135</b>
<b>2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА .....</b>	<b>143</b>
<b>3.ТЕСТЫ.....</b>	<b>150</b>
<b>4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>164</b>
<b>5. РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>167</b>
<b>6. ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>173</b>
<b>7. ТЕМЫ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ.....</b>	<b>183</b>
<b>8. К Р И Т Е Р И И   О Ц Е Н О К.....</b>	<b>186</b>
<b>9.СПИСОК ЛЕТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>196</b>

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Энергетическая система Узбекистана имеет возможность вырабатывать 55 млрд. кВт. час электроэнергии 37 тепловыми и гидроэлектростанциями общей установленной мощностью 11,3 млн. кВт. В республике вся протяженность линий электрической системы составляет 228 тысяч км. В том числе на напряжения 220 кВ - 5,5 тысяч км, 500 кВ - 1,7 тысяч км. В системе энергетики Республики работает почти 60 тысяч человек. Выработка электрической энергии по республике в млн. кВт.ч.: 1940 г. - 481,4; 1980 г. - 33930,4; 1995 г. - 47429,4, а в 1913 году было всего 3,3 млн. кВт.ч.

В начале 30 годов созданы каскады Чирчик -Бузсув ГЭС, 1943 г. народным хашаром начато строительство Фарход ГЭС на Сырдарье (мощность 126 МВт) и первая очередь сдана в эксплуатацию 1948 году. 60-70 годы построены или реконструированы ряд электростанций на базе природного газа и Ангреноского угольного месторождения. С целью экономии и непрерывного обеспечения электроэнергией в 1960 годах начала создаваться Среднеазиатская объединенная энергетическая система с общей мощностью 25 млн. кВт. Эта система в 1980 году практически завершена, действует и в настоящее время.

В энергетической системе Республики установлена 27 ГЭС, 7-мощные ГРЭС и 3 крупные ТЭЦ, а также ряд маломощных станций. Надо отметить, что основная мощность отводится к ГРЭС и ТЭЦ- почти 90%.

В республике 1941-45 г.г. сформировалась радиоэлектронная и электротехническая промышленность. В том числе, заводы: Ташкенткабель, Ташкентский радио-ламповый, Чирчикский трансформаторный и т.п. В годы мустакиллик введены в строй ряд совместных предприятий более 20 наименований по производству электро-радиоаппаратуры: телевизоров, электродвигателей, сварочных аппаратов и др.

Развитие электроэнергетической науки приходится на 30 годы. Но в основном бурное развитие приобрело в начале 50 годов. Начиная с этого периода сделано много важных исследовательских и прикладных работ, наряду с этим становилась электроэнергетическая наука республики, приобретая признание ученых ряда стран. В республике выросли ряд. крупных ученых и сформировались научные школы, например, по теории электрических систем - академик Фозилов Х.Ф., автоматизированному электроприводу - академик Хамидханов М.З., по элементам автоматики, телемеханики и измерительной техники - академик Абдуллаев Ж.А., автоматизированным системам управления в химической промышленности - академик Юсупбеков Н.Р. В развитие электротехники и электроники как науки и предмета должный вклад внес член корреспондент Академии Наук Республики Рахимов Гофир Рахимович. Он создал научную школу по теоретическому анализу и расчету нелинейных электрических цепей и систем и разработке элементов автоматики и вычислительной техники. Подготовил целую плеяду научных кадров.

### **Т Е М А № 1**

## **ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОФАЗНЫХ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРЕХФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

**Цель.** Изучение элементов систем электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

**План :**

1. Общие сведения.
2. Категория потребителей.
3. Номинальное напряжение электрических сетей

**Опорные слова и предложения:**

Энергетическая система, электрические системы, линия электропередачи, классификация электрических сетей, род тока, питающие распределительные сети, радиальные и магистральные сети, расход цветного металла, категория потребителей, номинальная напряжения.

### **1. Общие сведения.**

Совместная работа электрических станций по производству и распределению между потребителями электрической и тепловой энергии называют энергетической системой. Свыше 90 % всей электрической энергии вырабатывают энергосистемы.

Электрическую часть энергосистемы, состоящую из генераторов и распределительных устройств электрических станций, повышающих и понижающих подстанций, воздушных и кабельных линий передачи различных напряжений и электрических приемников разных типов, называются электрической системой, часть электрической системы предназначенная для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций и ЛЭП и называются электрической сетью.

Электрические сети могут быть классифицированы следующим образом:

- По напряжению сети могут быть до 1000 В и выше ;
- по роду тока их делят на сети постоянного и переменного тока.

Последние выполняют либо как трехфазные трех и четырехпроводные, либо в виде одно или двухфазных ответвлений от четырехпроводных сетей.

- по назначению различают сети питающие и распределительные.

Питающие сети связывают между собой отдельные электрические станции и районные подстанции. Последнем случае такие сети часто называют районными. Эти сети содержат ЛЭП и п/ст II ОкВ и выше.

Распределительные сети предназначены для питания потребительских трансформаторных подстанций и отдельных электроприемников или их групп.

По конфигурации и схеме присоединения потребителей различают разомкнутые и замкнутые сети.

К первым из них относят сети, получающие питание с одной стороны такие сети могут быть радиальными (рис.а) и магистральными (рис.б).

Магистральными схемы требуют меньшей затраты цветного металла и коммутац. аппаратуры и поэтому дешевле радиальных. Однако они менее надежны, потому что авария на головном участке выводит из работы все электроприемники, получающие питание от данного магистрали, в то время как



при повреждении радиальной линии лишается питания лишь один потребитель. На практике применяют как радиальные, так магистратуры сети.

Характерной особенностью замкнутых сетей являются то, что питание любого потребителя может быть осуществлено с двух сторон, линии (рис.в). так как одна сеть связывает два или несколько источников питания.

По конструктивному исполнению различают линии выполненные проводами (воздушные линии) и кабельные линии.

## **2. Категории потребителей**

По требованиям к надежности электроснабжения и по Правилу устройство электроустановок делят электроприёмники на три категории :

I - категория - агрегаты и электроустановки: перерыв питания которых может оказаться опасным для жизни людей и влечет за собой массовый недоотпуск или брак продукции, расстройство технологического процесса и значит ущерб для на родного хозяйства. Такие приёмники должны получать питания от двух независимых источников и допускают перерыв электроснабжения лишь на время автоматического включения резервного питания. В качестве независимых источников питания могут рассматриваться разные секции шин районных подстанции.

На подстанциях питающих потребители I - категории устанавливают не менее двух трансформаторов и питать эти подстанции по двум или более вводам.

II - категория - потребители, перерыв питания которых вызывает простой рабочих и механизмов массовый недоотпуск продукции и наносит материальный ущерб данной отрасли народного хозяйства или предприятию. Для этой группы потребителей допускается перерыв электроснабжения не время необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной бригады.

III категория - менее ответственные электроприёмники, не подходящие под I и II категорию. Перерыв питания для группы установок не должен превышать одни сутки.

Степень целесообразности резервирования потребителей II и III категория устанавливают техника - экономические расчеты основанным на сравнении затрат на резервирование.

## **3. Номинальное напряжение электрических сетей**

Электрические оборудование работает в нормальном и экономичном режиме при условии подачи на них номинального напряжения, т.е. напряжения на которое оно рассчитано и которое нанесено на заводской табличке или цоколе ламп и т.п.

В начале линии напряжение выше, чем в ее конце. Генераторы и вторичные обмотки трансформаторов находятся в начале питаемой ими сети, поэтому их напряжения при полной нагрузке должны превышать на 5% ном. напряжения электроприёмников.

Первичные обмотки трансформаторов играют роль потребителей электроэнергии, их ном. напряжение поэтому принимают равным ном. напряжению электроприёмников.

Согласно ГОСТ - 721 - 74 устанавливаются сл. и ном.

Приёмники электроэнергии : (220), 380 660 (3), 6, 10, 20, 35, 110, (150) 220, 330, 500, 750 кВ;

Генераторы: (230), 400, 690, (3,15) 6,3,10,5,21 кВ;

Вторичной обмотки трансформаторов: (230) 400, 690, (3,15), 6,3, 10,5, 21, 38,5 121 (165) 242 347 525, 787 кВ.

Напряжения, указ. в скобках для вновь проектируемых установок не рекомендуются.

## ТЕМА № 2

# ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ЛЭП НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

**Цель.** Изучение передачи электроэнергии и элементов ЛЭП

### **План :**

1. Провода воздушных линии
2. Опоры воздушных линий
3. Изоляторы и линейная арматура
4. Конструкции кабелей и устройство кабельных линий

### **Опорные слова и предложения:**

Кабель, провод, неизолированный провод, марка проводов, медный и алюминиевый провод, электропроводимость, сечения проводов, промежуточные опоры, анкерные опоры, концевые опоры, угловые опоры, транспозиционные опоры, переходные опоры, железобетонные опоры, деревянные опоры.

### **2. I. Провода воздушных линии**

Основными материалами применяемыми в проводах различных конструкции, являются медь, алюминий и сталь. Неизолированные (голые) провода могут быть однопроволочными, состоящими из одной проволоки сплошного сечения, многопроволочными, свитыми из проволок одного металла и многопроволочными, свитыми из проволок двух металлов; из стали (внутр-часть провода) и алюминия (наруж. часть провода).

Медные провода имеют условия обозначает (марки) М, алюминиевые А, сталеалюм. АС, стальные провода ПСО (однопроволочные) и ПС или ПМС (многопроволочные) После букв. обозн. ставится значение площади сеч. токовед. части в мм<sup>2</sup>, например АС-70. Медные провода имеют электр. проводимость;  $\sigma = 53 \text{ м/Ом мм}^2$  при  $+ 20^\circ \text{ С}$  и мех. прочность  $\sigma = 39 \text{ кг с/мм}^2$ . Медь хорошо противостоит атмосферным влияниям, после покрытия окисью дальнейшему разруш. не поддается, по мех. прочности уступает только стали. Однако значит. стоимость и дефицитность меди заставляют заменять медь алюминием и сталеалюминием.

Алюминиевые провода изготавливают не менее 16 мм<sup>2</sup>. Применяют в сетях до 35 кВ при пролетах между опорами не более 150 м.  $\sigma = 32 \text{ м/ Ом мм}^2$ ,  $\rho = 15 - 16 \text{ кг с / мм}^2$

Стальные провода обладают малой электропроводимостью  $\sigma = 7.5 \text{ м / Ом мм}^2$ , но большой механической прочностью  $\sigma = 55 - 65 \text{ кгс / мм}^2$ .

Применяют в сетях с малыми электрическими нагрузками и напряжением до 10 кВ.

Недостаток - подверженность коррозии во избежание которой их оцинковывают.

Сталеалюминиевые провода, состоящие из стальной сердцевины и алюминиевой оболочки имеют значительную механическую прочность и

хорошую проводимость, Их применяют на линиях с большими пролетами при 35 кВ и выше. Выпускаются сечения : 35, 50, 95, 120, 150, 240, 400, 500 мм<sup>2</sup> и более марок АС, АСУ, АСО и другие.

АКП - провод А, но межпроводочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости.

АСКС - провод АС, но межпроводочной пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность заполнено нейтральной смазкой повышающей термостойкости.

## **2.2. Опоры воздушных линий**

По назначению опоры воздушных линий делятся на : промежуточные опоры, которые, служат для поддержания проводов на прямых участках линии. В зависимости от трассы число их в среднем составляет 80 - 90 % от общего числа опор ВЛ. Между проводами и промежуточной опорой нет жесткой связи, а гирлянды изоляторов свисают вертикально, т.к. натяжения провода с обеих сторон опоры в нормальных условиях одинаково.

Анкерные опоры, которые устанавливают на прямых участках трассы ВЛ в опорных точках. Эти опоры требуют жестких и прочных конструкций для крепления проводов т.к. воспринимают усилия от разности тяжений проводов в анкерном пролете, равном 5-10 км.

Концевые опоры, которые по конструкции обычно не отличаются от анкерных. Их устанавливают в начале линии или в концах, при подходах ее к п/станциям. Они подвержены действию одностороннего тяжения проводов и тросов со стороны линии.

Угловые опоры, которые устанавливают в точках, где изменяется направление линии. Эти опоры испытывают постоянное нагружение от натяжения проводов, направленную по биссектрисе угла поворота.

Транспозиционные опоры, которые, устанавливают в точках линии, где провода фаз меняют местами для обеспечения симметрии индуктивная сопротивления в трехфазной системе.

Переходные опоры, которые применяют при пересечениях воздушными линиями железных дорог, больших рек, озер, ущелий и др. естественных препятствий. Длина пролета при таких опорах достигает 1-5 км, а высота опор - до 70-80 м.

По роду материала различают; железобетонные опоры, которые позволяют экономить металл.

Опоры из центрифугированного ж-бетона имеют конусообразную форму с длиной стойки 20-25м. Такие опоры используют на линиях 35-110кВ устанавливают их краном в котлован цил.формы, вырытый бур.машиной.

Деревянные опоры имеют меньшую стоимость и просты в изготовлении. Их применяют на ВЛ напряжением до 220 кВ включительно. Срок службы сосновых опор 5-7 лет, а из лиственницы 15-25 лет. Для повышения срока службы опор из сосны повышается до 15-25 лет. Применение ж/б пасынков также увеличивает срок их службы.

Металлические опоры изготавливают из стали марок ст 3 ст. 5 и низколегированной стали. Они прочны и надежны, но требуют больших затрат металла. Для защиты от коррозии их покрывают масляной краской. Применяются на линиях 110 кВ и выше и устанавливаются на бетонных фундаментах.

### **2.3. Изоляторы и линейная арматура.**

Провода ВЛ до 1000 В крепят к стойке опоры на фарфоровых изоляторах Т ф или стеклянных ТСМ. Провода линии 6-10 кВ на изоляторах ШС. На ВЛ 20 и 35 кВ применяют как штыревые изоляторы ШЖБ, так и подвесные изготовленные из фарфора и стекла. На ВЛ 110 кВ и выше используют только подвесные изоляторы: в нормальных условиях загрязнения - изоляторы Пф (фарфоровые) и ПС (стеклянные), в районах с повышенной загрязненностью - ПГФ-5 для подвесных, а ПГФ-6 для натяжных гирлянд.

Изоляторы крепят к траверсе опоры с помощью специальной арматуры. На линиях 6-10 кВ штыревые изоляторы обычно крепят к опоре на стальных крюках.

На промежуточной опоре линий 35 кВ и выше провода крепят с помощью гирлянд подвесных изоляторов. Находят применение и стержневые изоляторы СН, имеющие меньшую массу и стоимость.

### **2.4. Конструкции кабелей и устройство кабельных линий**

Кабельные линии значительно дороже воздушных и эксплуатации их сложнее, однако в отдельных случаях применения табеле является единственные возможным способом передачи электроэнергии потребителям, расположенным на территории густой застройки ( города, поселки, промышленных предприятий). Пересечение ж-д путей и водоемов также удобно осущ. с помощью кабельных линий.

По числу токовед. жил различают одно-двух-, трех-, четырех жильные кабели.

Одножильные кабели применяют гл.обр. в линиях переменного тока 110-500 кВ.

Двухжильные кабели применяют только в линиях постоянного тока.

Трехжильные кабели используют в кабельных линиях трехфазный тока всех напряжений до 35 кВ.

Четырехжильные кабели применяют в четырех проводных сетях 380/220 В трехфазного тока.

Выпуск их сокращен ввиду использования металлических оболочек кабелей и металлические каркасов зданий в качестве нулевых проводов.

Кабели до 10 кВ выпускают преимущественно с алюминиевыми жилами , реже с медными.

Трехжильный кабель до 10 кВ состоит сегментообразных токовед. жил, свитых из отдельных проволок. Жилы кабеля имеют фазовую изоляцию, поверх которой наложена общая поясная изоляция из пропитанной маслом

бумаги. Свободное пространство между жилами заполняют джутовыми наполнителями во избежание образования газовых включений.

Свинцовая или алюминиевая оболочка герметизирует кабель и предохраняет его от высыхания влаги внутри кабеля. Для защиты от действия кислот и щелочей, содержащихся в грунте, оболочку покрывают еще одним слоем кабельной бумаги и джутовой рубашкой. Кабель защищен от возможных мех. повреждений броней из стальной ленты которую покрывают джутовой пропитанной оплеткой для предохранения от химической коррозии. При прокладке кабеля по стенам, каналах и тоннелях наружный джутовый покров во избежание возможного пожара снимают.

Кабели на 20-35 кВ изготавливают с защитными оболочками для каждой жилы в отдельности.

Такая конструкция кабеля создает радиальное эл. поле в равномерном распаром напряженности по поверхности жил и в слоях изоляции, что повышает эл. прочность кабеля и препятствует переходу одноф. замыканий на землю в многофазные к. з.

Кабели на 110-220 кВ изг -ют газо - или маслonaполненными (  $P_{cp} = 2-4$  кг с/см<sup>2</sup> ) одножильными для прокладки в земле или на воздухе.

Обозначения марок кабелей соответствует их конструкции. Кабели с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами имеют марки ААГ , ААБ и АСГ. Первая буква обозначает материал жил (А-алюминий), вторая материал оболочки ( А-алюминий, С-свинец) буква Г -отсутствие защитных покровов. Кабели, бронированные стальными лентами, имеют в марке букву Б. В марках кабелей с медными жилами буквы, обозначающие название материала, не ставят. Кабели до 1000 В имеют поливинилхлоридную оболочку ( первая буква марок таких кабелей -В ).

### ТЕМА № 3

## РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РАЗОМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Цель.** Изучение общие характеристики разомкнутых электрических сетей

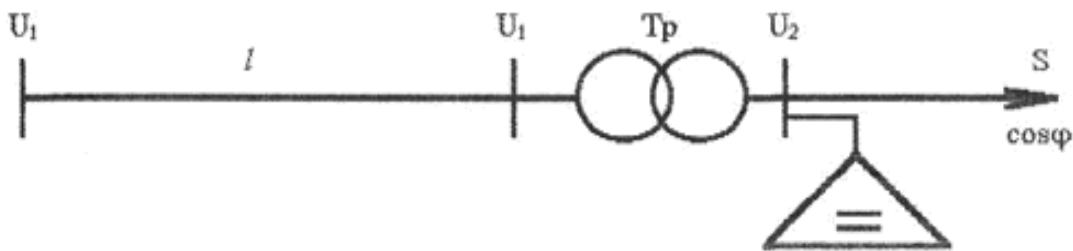
**План :**

1. Общее сведения.
2. Категория потребителей.
3. Номинальное напряжение электрических сетей

**Опорные слова и предложения:**

Активную, реактивную, мощность, потребителя, трансформатор, подстанций, категории, конденсатор, полную мощность, рабочий ток, радиальный сеть, система.

### 3. I. Параметры линии передач



1. Определяем активную и реактивную мощность потребителя.

$$P = S \cos\varphi = 1000 * 0,8 = 800 [\text{кВт}]$$

$$Q = S \sin\varphi = 1000 * 0,6 = 600 [\text{кВАР}].$$

Здесь  $\sin\varphi = 0,6$

$$\cos\varphi = 0,8$$

Тогда полная мощность будет:

$$S = P + jQ = 800 + j600 \sqrt{800^2 + 600^2} = 1000 [\text{кВА}]$$

На основе расчета полной мощности выбираем трансформатор. Если будут две трансформаторные подстанций:

$$S_{\text{тр}} = (0,7 + 0,8)S = 0,75 * 1000 = 750 [\text{кВА}]$$

Если одна трансформаторная:

$$S_{\text{тр}} = S / (0,7 + 0,8) = 1000 / 0,75 = 1333 [\text{кВА}];$$

В общем случае, выбирая трансформатор нужно обратить внимание на категории потребителей. Или нагрузки коэффициента трансформаторов должны соответствовать к следующим категориям.

I категория  $K = 0,6 + 0,75$

II категория  $K = 0,7 + 0,85$

III категория  $K = 0,8 + 0,95$

При выборе трансформатора учитывается компенсация реактивной мощности. Его значение вычисляется следующим образом:

$$Q_k = P(\text{tg}\varphi_{\text{ест}} - \text{tg}\varphi) = 800(0,75 - 0,328) = 337,6 \approx 338 [\text{кВАР}]$$

Здесь:  $\text{tg}\varphi_{\text{ест}} = 0,75$        $\cos\varphi_{\text{ест}} = 0,8$  соответствует

$$\cos\varphi_n = 0,95$$

$$\text{tg}\varphi_n = 0,328$$

На основе вычисленной компенсации реактивной мощности ( $Q_k$ ), пользуясь литературой или таблицей-8, выбираем установку конденсатора, которая соответствует таким напряжениям:  $U_H=6$ [кв] или  $U_H=10$ [кв];

Или  $Q_k^i=330=330$  [кВАР]

Учитывая установку конденсатора, вычисляем полную мощность потребителя.

$$S_x=P+j(Q-Q_k^i)=800+j(600-330)=800+j270=\sqrt{800^2+270^2}=845 \text{ [кВА]}$$

Учитывая установку конденсатора, коэффициент мощности потребителя будет иметь следующий вид:

$$\cos\varphi=P/S_x=800/845=0,95$$

Или, коэффициент мощности должен быть равен нормативу или должен быть больше.

$$\cos\varphi \geq \cos\varphi_H=0,95$$

Таким образом на основе полной мощности выполняя выше стоящие условия выбираем трансформатор. Выбираем понизительную двух трансформаторную подстанцию типа 2ХТМ-630/10 или одну трансформаторную подстанцию типа ТМ-1000/10.

Тогда коэффициент нагрузки трансформатора будет иметь следующий вид:

$$K_H=S_x/nS_{HT}=840/2*630=0,67$$

$$K_H=S_x/S_{HT}=840/1000=0,84$$

Из таблицы -5 берем данные выбранного трансформатора.

$$S_{HT}=1000 \text{ [кВА]}; U_{нагр}=35 \text{ [кВ]}; U_{ок}=10.5 \text{ [кВ]}; \Delta P_{КТ}=18 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta P_{XX}=3,6 \text{ [кВт]}; U_k\%=6,5\%; I_x\%=1,4\%; R_T=8,6 \text{ [Ом]};$$

$$X_T=49,8 \text{ [Ом]}; \Delta Q_x=22,4 \text{ [кВар]};$$

Стоимость трансформатора договорная свободная цена.

Вычисляем активные и реактивные потери трансформатора:

$$\Delta P_{TP}=1/n\Delta P_{КТ}(S_x/S_{HT})^2+n\Delta P_{XX}=(1/2)*18*(840/630)^2+2*3,6=23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_T=U_k\%S_x^2/100nS_{HT}+nI_{XX}\%S_{HT}/100=6,5*840^2/200*630+2*1,4*630/100=54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь  $n=2$ - число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{ввод}^{TP}=P+\Delta P_{TP}=800+23,2=823,2$  [кВт]

;

$$Q_{ввод}=Q+\Delta Q_{TP}=600+54,04=654,04 \text{ [кВар]};$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{ввод}^{TP}=P_{ввод}^{TP}+JQ_{ввод}^{TP}=823,2+J654,04 \text{ [кВА]};$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{TP}=(1/n)\Delta P_{КТ}(S_x/S_{HT})^2\tau+n\Delta P_{XX}T_i=(1,2)*18*(840/630)^2*200+2*3,6*8760=88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика  $\tau=f(T)$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной



линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{TP}} / \sqrt{3} U_{\text{H1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max U}$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

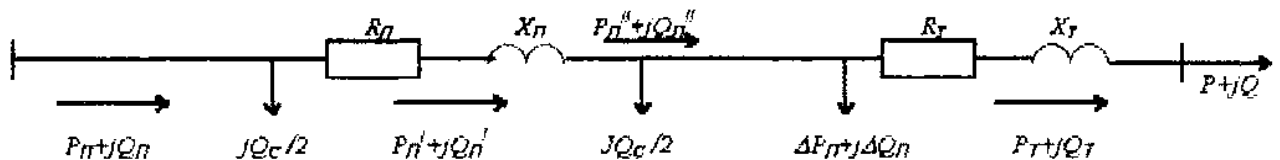
Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_c = U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_c = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0, x_0, b_0$ -берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.



Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые течет по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{т}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{т}} - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{1\text{H}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{1\text{H}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}.$

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^1 R_{\text{л}} + Q_{\text{л}}^1 X_{\text{л}}) / U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{\text{л}}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U \% = \Delta U_{\text{л}} 100 \% / U_{\text{л}}^{11} \leq 5 \%.$$

Здесь:  $U_{л1}$  - напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора. В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{л1} = U_{л} + \Delta U_{л} \quad [\text{кВ}];$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta = P_{л1} / P_{л} \quad \cos \varphi_{л} = P_{л} / S_{л};$$

здесь:  $S_{л} = P_{л} + jQ_{л}$  [кВА]- комплексный вид или  $S = \sqrt{P_{л}^2 + Q_{л}^2}$  [кВа];

Теперь вычисляем экономические показатели электрической сети и системы:

$$\sum K = \sum K_{п/ст} + \sum K_{л} \quad [\text{тыс. Сум}]$$

Здесь:  $\sum K_{п/ст}$ ,  $\sum K_{л}$  - цена трансформатора и линии. (берется из таблицы 9, 11).

Учитывая выделенное средство для амортизации и линии, определяем расход, который уходит электрической сети.

$$\sum G = G_{п/ст} + G_{л} + G_{\Delta A} \quad [\text{тыс. Сум}].$$

Здесь:  $G_{п/ст} = \sum K_{п/ст} P_{э.тр}$  [тыс. Сум];

$$G_{л} = \sum K_{л} P_{а.л} \quad [\text{тыс. Сум}];$$

$$G_{\Delta A} = \beta \Delta A \quad [\text{тыс. Сум}];$$

$P_{а.тр}$ ;  $P_{а.л}$  - Каждый год выделяющийся для трансформатора и линии амортизационный коэффициент. (таблица-12).

$\beta$  - цена электрической энергии за 1 кВт/час. (свободная цена).

Приносящий расход электрической сети и системы определяется следующим образом:

$$Z = E_{н} \sum K + \sum G \quad [\text{тыс. Сум}];$$

$E_{н} = 0,12 \div 0,15$  - нормативный коэффициент. Если контрольная работа вычисляется в двух или трех вариантах, тот самый оптимальный  $Z_{\min}$ .

## ТЕМА № 4

# РАСЧЁТ РЕЖИМОВ ЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ .

**Цель.** Изучение систем замкнутых электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

### **План :**

1. Общее сведения.
2. Равновесие реактивной мощности
3. Выбор схемы электрических сетей.
4. Определение точки распределения мощности в сети.
5. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.
6. Выбор силового трансформатора.

В современных энергосистемах схемы питающих сетей могут состоять из сотни узлов и десятки замкнутых контуров. Расчеты сложно-замкнутых сетей производятся методом контурных уравнений, составляемых на основе правил Кирхгофа, должно быть равно кол-ву независимых замкнутых контуров. Преимущество метода преобразования заключается в том, что не нужно совместно решать контурные уравнения т.е. в сравнительной простоте.

Метод преобразования основан на приемах постоянного преобразования сети, так чтобы все последующие схемы были эквивалентными первым. Экв. сетями наз. такие сети, которые получают одинаковую мощность или ток от питательных пунктов и имеют одинаковые напряжения в узлах.

Простейшей замкнутой сетью является сеть с двухсторонним питанием потребителей), частный случай ее кольцевая сеть.

Сложнозамкнутая сеть состоит из ряда замкнутых контуров и получает электроэнергию от нескольких источников. Показанная рис. "в" сложнозамкнутых. сеть имеет три узловых точках сети сходятся токи, текущие по трем направлениям.

Преимущества замкнутых сетей перед разомкнутыми: повышенная надежность, уменьшение потерь напряжения и потерь энергии, большая гибкость работы сети в разных режимах.

Расчет замк. сетей сложнее, также сложнее их защита. Наиб. широко распространены сети с двухст. питанием и кольцевые. Слошнозамкнутые сети встречаются гл, образом в энергосистемах и городских сетям.

2. Распределение токов(мощностей) и потеря напряжения в линиях с  $2^x$  ст. питанием

а) линия пост. тока. Нахождение распределения токов в сети следует начать с определения их токов, вытекающих из пунктов питания, т.е. и Напряжения пунктов питания и в общем случае могут быть различными.

Один из основных показателей проектирования электрических сетей и систем, изучение рекомендации по обеспечению района электроэнергией.

Для этого:

Графическое место запланированного места:

Климатические условия:

Рекомендация и порядок потребителей электроэнергии.

## Сведения об электроэнергии.

Очень важно вычисления равновесия мощности правильно подобрать схему и систему проектирования электрических сетей.

Находим активное равновесие мощности

$$\sum P_r = \sum P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{сис}} + P_{\text{рез}} \quad [\text{МВт}]$$

Здесь  $\sum P_r$ - сумма установленной генерационной мощности;

$\sum P_{\text{нагр}}$ - сумма нагрузок мощности;

$\Delta P_{\text{сеть}}$ - потеря активного напряжения в сети;

$P_{\text{рез}}$ - активная мощность в резерве.

Сумма нагрузок активной мощности находится следующим образом:

$$\sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$ - активная мощность, данное потребителем.

Потеря активной мощности в сети:  $\Delta P_{\text{сеть}} = (6+10)\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

А активная мощность в резерве:  $P_{\text{рез}} = 10\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

Активная мощность в резерве вызывает доверие у потребителей в обеспечении энергией.

### Равновесие реактивной мощности

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе равновесии реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшение техника – экономического показателя районной электросети т.е для равенства реактивной мощности надо рассчитать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\sum Q_r = \sum Q_k = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь  $\sum Q_r$ - сумма установленной генерационной реактивной мощности;

$\sum Q_k$ - сумма мощностей конденсаторной батареи;

$\sum Q_{\text{нагр}}$  - сумма нагрузочной реактивной мощности;

$\Delta Q_{\text{тр}}$ - потеря реактивной мощности в трансформаторе;

$Q_{\text{рез}}$ - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерационной реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\sum Q_r = \sum P_{\text{нагр}} \text{tg} \varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

Сумму  $\text{tg} \varphi$  определяем через  $\cos \varphi$ .

А реактивная мощность нагрузки определяется таким образом:

$$\sum Q_{\text{нагр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad [\text{Мвар}]$$

Определение потери реактивной мощности в трансформаторе является главным показателем и определяется таким образом:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 10\% \sum S_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь:  $\sum S_{\text{нагр}}$  - полная мощность нагрузки

$$\sum S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j \sum Q_{\text{нагр}} = \sqrt{\sum P_{\text{нагр}}^2 + \sum Q_{\text{нагр}}^2} \quad [\text{МВА}]$$

Реактивная мощность в резерве определяется следующим образом:

$$Q_{\text{рез}} = 10\% \sum Q_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Чтобы определить реактивную мощность компенсации нужно вычислить мощность конденсаторной батареи:

$$\sum Q_{\text{к}} = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_{\text{г}} \quad [\text{Мвар}]$$

$$\text{Или } \sum Q_{\text{к}} = \sum P_{\text{нагр}} (\text{tg} \varphi_{\text{ест}} - \text{tg} \varphi_{\text{н}})$$

$$\text{Здесь: } \text{tg} \varphi_{\text{ест}} = \sum P_{\text{нагр}} / \sum S_{\text{нагр}}$$

$$\text{Или, } \cos \varphi_{\text{ест}} = (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 \cos \varphi_4 \cos \varphi_5) / 5$$

Определяя коэффициент мощности, можно найти  $\text{tg} \varphi_{\text{н}}$

$$\text{tg} \varphi_{\text{н}} = 0,328 \cos \varphi_{\text{н}} = 0,95 \quad \text{принимается таким образом. В}$$

результате, смотря на найденную мощность конденсаторной батареи  $\sum Q$ , из таблицы 8 выбирают конденсаторную батарею и определяют полную мощность потребителя.

$$S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j (\sum Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{к}}^1) \quad [\text{МВА}] ;$$

$Q_{\text{к}}^1$  - мощность конденсаторной батареи, взято из таблицы.

Таким образом, покрытие реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи устанавливается ближе к месту потребителя. В нем, повышая реактивную мощность, уменьшает потери активной мощности, и технико-экономические показатели улучшает качество снабжения электромощью энергией.

## **V. Выбор схемы электрических сетей.**

При выборе схемы электрических сетей чертятся 10-12 вариантов, расстояние между подстанциями, смотря на надёжность варианта, выбираются 2 варианта. Эти 2 варианта сопоставляются с технико-экономическими показателями. Районные электрические сети в основном делятся на 3 схемы:

Радиальный (из открытых сетей).

Кольцеобразный (схема закрытой цепи).

Разбросанный. (смешанный).

Берутся во внимание схемы вышеуказанных соединений, смотря на группы пользователей, расстояния линий передач, пользование резервной энергией, а также экономичность в цене цветного металла.

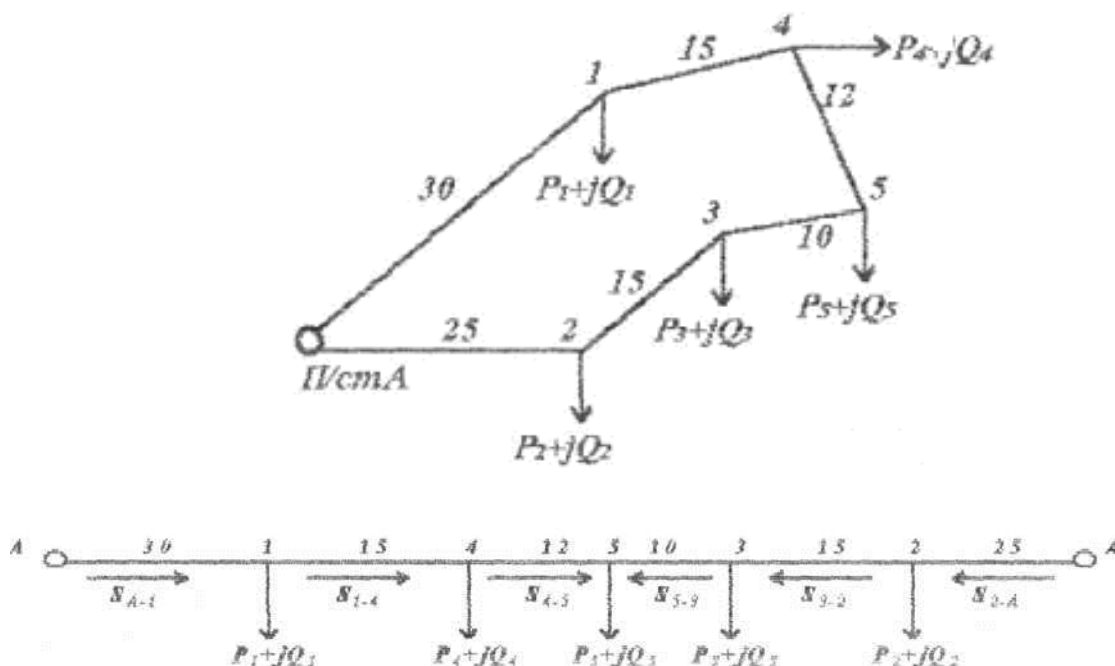
Выбранной схеме ставятся требования, такие как: надёжные, качественные и экономичные, важное место имеет коммуникационные аппараты, количество трансформаторов и мощность в каждой подстанции.

Из 10-12 конфигураций нужно выбрать 2 оптимальных варианта, а от проектировщика требуется большие способности, мышление, знание.

Выбирать схемы желательно вместе с руководителем курсового проекта.

### Определение точки распределения мощности в сети.

Для определения точки распределения мощности в сети делаем анализ простой кольцеобразной сети. Кольцеобразная сеть рассматривается потребитель с двух сторон. Для этого рассмотрим выбранную схему. Здесь считается масштаб расстояния от одного потребителя к другому. Эту кольцевую сеть переводят в открытую систему, вычисляются по направлению мощности.



$$S_{A-1} = \{(P_1+JQ_1)30+(P_4+JQ_4)45+(P_5+JQ_5)57+(P_3+JQ_3)67+(P_2+JQ_2)82\}/(\sum \ell = 107) = \{(R_1 30+JQ_1 30+P_4 45+JQ_4 45+P_5 57+JQ_5 57+P_3 67+JQ_3 67+P_2 82+JQ_2 82)\}/107 = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-1}+JQ_{A-1} \text{ [MVA]}$$

$$S_{1-4} = S_{A-1} - S_1 = P_{A-1} + JQ_{A-1} - (P_1 + JQ_1) \text{ [MVA]}$$

$$S_{4-3} = S_{1-4} - S_4 \text{ [MVA]}$$

$$S_{5-3} = S_{4-3} - S_5 \text{ [MVA]}$$

Если  $S_{4-5} < S_1$ , то вычисления ведутся со второй стороны, т.е.

$$S_{A-2}^1 = \{(P_2+JQ_2)25+(P_3+JQ_3)40+(P_5+JQ_5)50+(P_4+JQ_4)62+(P_1+JQ_1)77\}/\{\sum \ell = 107\} = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-2}^1 + JQ_{A-2}^1 \text{ [MVA]}$$

$$S_{2-3} = S_{A-2}^1 - S_2 \text{ [MVA]}$$

$$S_{3-5} = S_{2-3} - S_3 \text{ [MVA]}$$

После этого вычисления прекращаются, т.к. если  $S_{5-4} = S_{3-5} - S_5$  то будет  $S_{5-4} < S_5$ .

В итоге определена точка распределения мощности, после выполнения выше указанных вычислений текущая мощность с двух источников. На примере : на 5-точке с каждой двух сторон течение мощностей прекращается.

## **VI. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.**

Выбор номинального напряжения в электрических сетях и системе играет большую роль для технико-экономических показателей. Через электрические сети подача мощности при различных стандартах можно принимать напряжение. В стандартные номинальные напряжения входят: 6,10,35,110,220,350,500,750 (кВ). При проектировании курсового проекта желательно пользоваться 13 таблицей.

2÷10 [МВт]	50÷20 [км]	35 [кВ.]
10÷50 [МВт]	150÷50 [км]	110 [кВ.]
100÷150 [МВт]	300÷200 [км]	220 [кВ.]
400÷600 [МВт]	500÷1000 [км]	500 [кВ.]

Эти показатели в проектировании считаются заключительными в выборе напряжения. Выбор напряжения желательно после технико-экономических вычислений. При выборе номинального напряжения одно из основных предложений соблюдение для выбора оптимального провода воздушных линий.

Для этого провода с минимальной и максимальной площади поперечного сечения подходящий для мощности обязательно надо соединить с короной.

Для 220 кв. АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 110 кв. АС-70 мм<sup>2</sup>

Для 35 кв. АС-50 мм<sup>2</sup> будет минимальным.

Максимальные показания:

Для 35 кв. АС-95 мм<sup>2</sup>

Для 100кв АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 220 кв. АС-400-500 мм

При выборе мощности пользуйтесь формулой:  $U = 4,34 \sqrt{0,016/P}$ , (кВ).

Здесь:  $\ell$  - является расстоянием от источника до потребителя.

P - протяженная активная мощность.

Вычисленную нагрузку и правильно подобранную напряжение пишет в таблицу.

Меж.сетевые Части из рис.	Расстояние $\ell$ (км)	Вычисленная нагрузка		Номинальное напряжение U (кВ)
		P+jQ [кВа]	S [кВа]	
А-1 1-2 И т.д.				

## **VII. Выбор силового трансформатора.**

При выборе мощного трансформатора (автотрансформатора) немалую роль играет технико-экономическая выдержка мощности, взятая из источника потребителем и надёжное обеспечение. Номинальное напряжение трансформатора измеряется в Киловольт- ампер или Мегавольт-ампер, и выбирается на основе полной мощности потребителя. На практике для подстанции выбирается трансформаторы , смотря на категории потребителя, принимается один или два, трансформатора т.е. все нагрузки в номинальном положении до 40% при аварии  $0,7 + 0,75$  принимаются.

В общем, виде коэффициент нагрузок на трансформаторы рекомендуются здесь:

Если 1 категория, то  $K_n = 0,6 \div 0,75$  будет.

2 категория , то  $K_n = 0,7 \div 0,85$  будет.

3- категория, то  $K_n = 0,8 \div 0,95$  будет.

Часто для потребителей категории-3 выбирается трансформаторная подстанция с напряжением  $S_{нт} = 6,3$ (МВА). Выбираемые трансформаторы регулируют под стандартные номинальные напряжения.

Трансформаторы и (автотрансформаторы) с напряжением 220/110/10,5/и 110/35/10,5 трёх фазный и трёх обмоточный обязаны нагружаться до последнего %

.т.е. 100/100/100.

100/100/66,7

100/66,7/100

100/66,7/66,7.

Выбираемые трансформаторы для двух трансформаторных подстанций должны соответствовать следующим требованиям: граница его нагрузочного коэффициента 1,4 или 40% берётся во внимание нагрузка и приблизительное его напряжение определяется так:  $S \geq S_{наг} / 1,4$ .

А нагрузочный коэффициент:  $K_n = S_{наг} / S_{нт} = 0,7 \div 0,85$ .

В связи с напряжением трансформатора и автотрансформатора, выбор номинальных мощностей берется из таблицы-9.

### **Опоры воздушных линий и выбор площади поперечного сечения провода.**

В воздушных электрических сетях с напряжением  $U_n = 35$  кВ и выше устанавливаются однопроводной и двухпроводной деревянный столб, железный, железобетонный столб. Опоры выбираются по климату планируемого района. Железобетонные опоры устанавливаются в основном в горных массивах, а мощность их больше  $U_n = 35$  кВ.

Деревянные опоры устанавливаются в районах с низким показателем влажности. Площадь поперечного сечения проводов определяется по формуле:  $I_U = S_{наг} / \sqrt{3} U_n$ .

Здесь:



$I_u$  – рабочий ток на линии;  
 $S_n$ - полное нагрузочное напряжение;  
 $U_n$ - номинальное напряжение линии.

С определением рабочего тока выбираем поперечное сечение провода или определяем с заключительной формулой : $F=I_u/J_{эк}$

Здесь:

$F$ - Площадь поперечного сечения провода;

$J_{эк}$ - Экономическая плотность тока.(А/мм<sup>2</sup>).

$$J_{эк}=1,3 \div 1,5 \text{ [А/мм}^2\text{]}$$

По правилам вычисленного рабочего тока  $F=I_u/J_{эк}$  и выбирается площадь поперечного сечения провода для воздушного двойного провода:

$$I_u=S_{наг}/2*\sqrt{3}U_n$$

Площадь поперечного сечения провода выбранной для каждой сети проверяется при аварии и должны отвечать следующим правилам:

$$I_u \leq I_{раз} \quad \text{или} \quad I_{ав} \leq I_{раз}.$$

$I_{раз}$ - разрешённый ток для выбранной проволоки.

### **Электросхема однолинейной сети и схема замещения.**

После вычисления курсового проекта нужно начертить однолинейную схему электрической сети и соответствующую схему замещения и на основе этих сделать анализ. В схеме указывается по ГОСТу подстанция трансформатора, воздушная линия, её длина, вид провода, площадь поперечного сечения . В схеме замещения указывается вычисленные значения параметров электрических сетей. Рекомендуются пользоваться 6 и 7 рис. Для черчения схемы.

## **ТЕМА № 5**

### **РАСЧЁТ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УРАВНЕНИЯ УЗЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ (УУН)**

**Цель.** Изучение режимов напряжения в электрических сетях

**План :**

1. Общее сведения.
2. Допустимые параметры режима
3. Режим напряжения в электрической системе и способы ее регулирования
4. Регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов электрических станций

- Все элементы электрической сети, а также электроприемники выполняются на определенное номинальное напряжение и могут нормально работать при значениях напряжения, отличающихся от номинального лишь с некоторыми допусками. Поэтому фактические значения напряжения в местах присоединения электрооборудования представляют значительный практический интерес.

Режим напряжений в сети является одной из важнейших характеристик ее текущей работы.

Под режимом напряжений понимается совокупность всех значений напряжения в узловых пунктах сети. В питающих сетях, кроме того, практический интерес представляют повышения напряжения в средних пунктах длинных линий сверхвысоких напряжений. Во всех указанных случаях достаточно иметь представление об абсолютном значении напряжения (модуле, действующем значении).

В питающих сетях достаточно большой протяженности обычно важными являются также условия устойчивости параллельной работы электрических станций. С этой точки зрения практический интерес могут представлять также угловые сдвиги напряжений по фазе.

Все элементы сети обладают определенными сопротивлениями. Поэтому токи в них вызывают изменения напряжения. В результате комплексные значения  $\dot{U}$  напряжений во всех узлах сети получаются различными. Различие их можно оценивать или по модулю, или в виде разности комплексных значений.

Если  $\dot{U}_I$  — комплексное значение напряжения в узле 1, а  $\dot{U}_{II}$  — комплексное значение напряжения в узле 2, то их разность

$$\dot{U}_I - \dot{U}_{II} = \dot{U}_\Delta \quad (1-2)$$

называется падением напряжения между пунктами 1 и 2, а разность модулей

$$U_I - U_{II} = \Delta U \quad (1-3)$$

называется потерей напряжения между теми же пунктами 1 и 2.

Таким образом, падение напряжения является комплексной величиной, а потеря напряжения — вещественной. В общем случае потеря напряжения не равна модулю падения напряжения.

Если напряжения выражены в относительных единицах

$$U_* = \frac{U}{U_n},$$

Выражение (1-3) можно распространить и на сеть, сонную из участков разных номинальных напряжений,  $U_{II}$ .

Достаточно показательной обычно является величина ... больших потерь напряжения в сети одного номинального напряжения. Она равна разности между наибольшим (по модулю) и наименьшим напряжениями. Эта шипа является косвенным показателем экономичности И1 работы питающей сети и характеризует условия ищееиечения допустимого режима напряжений в распределительных сетях.

Разность между фактическим значением напряжения | любом пункте сети и номинальным значением напряжения

$$U - U_n = V$$

называется отклонением напряжения. Обычно эта величина определяется в процентах от номинального напряжения:

$$V_{\%} = \frac{U - U_n}{U_n} \cdot 100\%.$$

Здесь имеется в виду, что режимы напряжений изменяются достаточно медленно.

### **Допустимые параметры режима**

Следует различать параметры элементов сети и параметры рабочего режима (или просто режима). Под параметрами элементов сети понимаются сопротивления, проводимости, коэффициенты трансформации. Параметрами режима называются значения токов, напряжений, полной мощности или отдельно активной и реактивной.

Практически параметры элементов сети часто принимаются постоянными, не зависящими от рабочего режима. Параметры режима находятся в непосредственной зависимости от значений нагрузок и изменяются с течением времени, они характеризуют рабочий режим.

Для каждого вида оборудования, т. е. для каждого элемента сети и электроприемников, параметры режима обычно строго ограничены регламентированными допусками. Ограничивающими являются различные условия. Значения токов обычно ограничиваются условиями нагрева. Значения напряжений в питающей сети ограничиваются условиями работы изоляции и условиями нагрева стали понижающих трансформаторов, а в распределительных сетях еще и условиями работы электроприемников. Значения мощности наиболее показательны для вращающихся машин. Так, активная мощность нагрузки генератора ограничена мощностью соответствующего первичного двигателя.

Следует иметь в виду, что модуль полной мощности  $S$  достаточно хорошо характеризует абсолютное значение тока, так как фактические значения напряжений по модулю обычно сравнительно мало отличаются от номинального.

Для некоторых видов оборудования, например реакторов, указывается номинальное значение тока. Это значение и является предельно допустимым в нормальных условиях работы. О допустимости превышения тока даются специальные указания. Имеются и данные о допустимых значениях тока для проводов и кабелей

По условиям работы изоляции допускается длительное превышение фактического значения напряжения сверх соответствующего номинального значения на 20% во всех сетях до 20 кВ включительно и на 15% в сетях 35—220 кВ. В сетях 330 кВ допускается превышение на 10%, а в сетях более высоких напряжений — только на 5%.

По условиям работы трансформаторов величина допустимого превышения напряжения определяется более сложно. Принципиально допускается

превышение магнитной индукции в стали на 5% сверх значения, которое получается в режиме холостого хода при номинальном напряжении соответствующего вывода трансформатора.

Для большинства электроприемников допускаются отклонения напряжения в любую сторону (превышения или понижения от номинального значения) на 5%. При отклонениях от номинального напряжения в  $\pm 5\%$ \* допускается работа любой вращающейся машины (генератора, синхронного компенсатора и т. д.) с номинальными значениями полной мощности. Возможность работы при больших значениях отклонений напряжения специального расчета. Условиям работы электроприемников и оборудование ограничиваются также величины несимметрии трёхфазной системы напряжения и токов и несинусоидальности напряжений и токов.

**Интегрирование по времени.** Если интегрирование по времени для активной мощности  $P(t)$  имеет вполне четкий смысл — это определение энергии

$$\# \int_{T_1}^{T_2} P dt = A_{12},$$

переданной за время с момента  $T_1$  до момента  $T_2$  то аналогичная операция для реактивной мощности не имеет достаточных оснований и не рекомендуется. Реактивная мощность количественно характеризует дополнительный периодический процесс (сверх обусловленного активной), который не имеет постоянной составляющей. Поэтому его интегрирование за целое число периодов (или полупериодов) не приводит к определению какой-либо показательной величины.

Отсюда, в частности, следует, что применение величин «реактивной энергии» и «средневзвешенного коэффициента мощности», найденных за достаточно длительный период времени, рекомендовать нельзя. Кроме отсутствия смыслового значения, такое определение приводит к усредненному представлению о величине реактивной мощности, что нельзя признать допустимым, так как баланс реактивной мощности приходится рассматривать для каждого режима работы сети в отдельности. Имеются характерные режимы, которые являются и определяющими.

В качестве характерных режимов можно указать режим наибольшей реактивной нагрузки, когда имеется наибольшее потребление реактивной мощности (а следовательно, наибольшей может оказаться и необходимая мощность компенсирующих устройств); режим наибольшей активной нагрузки, когда генераторы оказываются наиболее загруженными активной мощностью и имеют наименьшую располагаемую реактивную мощность (на их зажимах); режим наименьшей активной нагрузки, когда наибольшее количество генераторов оказывается отключенным (а следовательно, не может участвовать в генерации реактивной мощности), а также-послеаварий-ные и ремонтные режимы, когда возникают наибольшие ограничения на передачу реактивной мощности по элементам сети.

Задачу компенсации реактивной мощности не следует сводить к задаче повышения коэффициента мощности, так как при этом отражается только часть задачи — снижение полной мощности и требуемой пропускной способности элементов сети.

## **2. Режим напряжения в электрической системе и способы ее регулирования**

На всем протяжении от генераторов станций до наиболее удаленных потребителей электроэнергия трансформируется три, четыре, а иногда пять раз. При каждой трансформации потеря напряжения в случае наиб. нагрузок составляет от 2 до 7% ( в зависимости от  $U_k$  трансформатора и  $\cos\phi$  нагрузок ). В сети каждого напряжения в этом случае потеря напряжения достигает 5-10 % , а в целом 20-45 %. Основной причиной отклонений напряжений у нагрузок является изменения мощности самих нагрузок в течение суток и по сезонам года.

Компенсация потери напряжения достигается применением различных мер.

Мероприятиями по ограничению отклонений напряжения относительно среднего уровня являются следующие:

а) - регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов электростанций:

б) - применение у трансформаторов устройств для регулирования под нагрузкой (РПН) или при оключенном трансформаторе ( ПБВ):

Обмотки высшего и среднего напряжений повышающих и понижающих трансформаторов сравнительно небольшой мощности ( до 1000 кВА ) имеют регулировочные ответвления, которые можно переставлять лишь после отключения трансформатора от сети. При этом магнитопровод трансформатора не будет возбужден и на ответвлениях обмоток отсутствует напряжения. Эту операцию кратко называют переключение без возбуждения ( ПБВ).

в) применение линейных регуляторов:

г) - применение АРВ у мощных синхронных. двигателей

д) применение продольной или регулируемой поперечной емкостной компенсации:

- батареи конденсаторов, установленные на некоторых предприятиях для улучшения , одновременно способствуют уменьшению потери напряжения в питающей сети.

Следует различать централизованное и местное регулирование напряжения. Если районная подстанция питает однородную нагрузку (т.е. у которых графики изменения мощностей в относительных единицах практически одинаковы), одинаково электрически удаленную от пункта питания, то необходимое качество напряжения у электроприемников может быть обеспечено централизованным регулированием , т.е. с помощью РПН на трансформаторах районной подстанции. При этом обычно применяют встречное регулирование, при котором напряжение на вторичных шинах

питающей подстанции во время наибольших нагрузок повышается, а во время наименьших понижается.

### **3. Регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов электрических станций**

Если электрическая станция работает изолированно и ее сеть имеет относительно малую протяженность, регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов станции является основным и обычно единственным средством обеспечения необходимых режимов напряжения у нагрузок.

Мощные электрических станции, как правило, объединены в энергосистемы, т.е. работают параллельно на общую сеть. В этих условиях подъем напряжения у какой-либо одной станции приведет к значительному увеличению выработки реактивной мощности и к одновременной разгрузке других станции. Например, допустим, что ЛЭП 110 кВ, 70 км осуществляет связь между двумя электрическими станциями. Для изменения напряжения в конце линии на 5% потребуются изменить передаваемую реактивную мощность на 40 МВАР. Т.О. в мощных энергосистемах рассматриваемая способность не может быть единственным.

## **ТЕМА № 6 БАЛАНСА АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И ЕГО СВЯЗЬ С ЧАСТОТОЙ**

**Цель.** Изучение элементов систем электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

**План :**

1. Общие сведения.
2. Управление частотой и активной мощностью
3. Номинальное напряжение электрических сетей

### **Общие сведения.**

Баланс по активной мощности и связь его с частотой. Генераторы станций в каждый момент времени установившегося режима должны отдавать в систему столько электроэнергии, столько в этот момент требуют все потребители с учетом потерь в передаче, т. е. баланс по активным по активным мощностям при неизменной частоте  $\Delta f=0$  записывается как

$$\Sigma P_{Г} = \Sigma P_{н} + \Sigma P_{с.н} + \Sigma \Delta P = \Sigma P_{порт}$$

где  $\Sigma P_{Г}$  - суммарная генерируемая активная мощность электростанций;  $\Sigma P_{н}$  - активная мощность нагрузок;  $\Sigma \Delta P_{с.н}$  - суммарная активная мощность собственных нужд электростанций;  $\Sigma \Delta P$  - потери активной мощности в сетях;  $\Sigma P_{порт}$  - суммарное потребление мощности. Потри активной мощности в сети зависят и могут достигать 5-15% от суммарной нагрузки электростанций.

Расход на собственные нужды станций (ТЭС) может колебаться в зависимости от технического оборудования от 5-10% на ГЭС этот расход значительно меньше и равен примерно 1%.

Частота переменного тока установившемся режиме в любой точке системы должна иметь одно значение, т. е. при отклонении частоты согласно ГОСТ у более чем на +0,1 Гц от 50Гц, может производиться в любом районе системы. Такое регулирование проводится на ряде станций, позволяющее быстро изменять выдаваемую мощность, т. е. наиболее маневренных. В идеальном случае такими ведущими станциями могут быть все станции энергосистемы.

Частота тока в системе и напряжения в ее узлах меняются непрерывно и изменением генерируемых или потребляемых мощностей в системе, что приводит и изменению качества энергии. Статические характеристики таких изменений показаны на рис. Это постоянное изменение объясняется изменением мощности потребителей вводом в работу дополнительных генераторов, аварийными и плановыми отключениями линий, трансформаторов или их включениями, а также другими «возмущениями» установившегося режима. Поддержание качества энергии  $f$  и  $U$  требует различных мероприятий при осуществлении управлением режимами энергосистем для обеспечения их нормальной работы.

Изменением активной мощности практически можно менять и напряжение в узлах системы согласно выражению. Однако изменение генерируемой активной мощности определяется, в первую очередь, регулированием частоты, так как ее снижение оказывает влияние на работу всех электроприемников. Особенно сильно это снижение частоты сказывается на работе собственных нужд электростанций и может привести к ее аварийному выходу. Поэтому изменение напряжения в узлах системы путем изменением активной мощности не производится.

Распределение нагрузки между станциями отдельных энергосистем, входящих в объединенные системы, должно происходить так, чтобы избежать перегрузки линии связи. Если мощность, передаваемая по по линии связи, превосходит допустимую по условию устойчивости и произдет отключений этой линии, то нарушается связь между отдельными энергосистемами, что может вызвать аварию системы, в которой нет достаточного резерва мощности.

Номинальное значение частоты тока обеспечивается с помощью резерва активной мощности и автоматического регулирования. Нормальная эксплуатация электрического системы невозможна без соответствующего резерва мощности. Необходимый суммарный резерв состоит из нагрузочного, ремонтного, аварийного и так называемого народнохозяйственного. Нагрузочный резерв служит для покрытия случайных колебаний и непрерывного повышения нагрузки сверх учтенного в балансе. Он составляет 1-3% от максимума нагрузки системы. Ремонтный резерв должен обеспечивать возможность проведения текущих и капитальных ремонтов оборудования электростанций. Аварийный предназначен для замены агрегатов, вышедших из строя в результате возможное повышение потребления

электроэнергии по сравнению с запланированным. Он составляет 1-2% от максимума нагрузки. Резерв должен быть достаточным для поддержания в любой момент времени баланса активной мощности в системе и частоты тока в допустимых пределах.

### Управление частотой и активной мощностью

Первичным устройством управления частотой является регулятор частоты вращения турбин. Измерительный орган регулятора контролирует частоту вращения и при изменении ее исполнительный орган действует на регулирующие клапаны паровых турбин и направляющие аппараты гидротурбин, воздействуя на изменение энергоносителя, поступающего на рабочие колеса.

Режим энергосистемы по частоте устанавливается в точки пересечения характеристики регулирования турбин и статической характеристики нагрузки (сочетаний нагрузок), что соответствует на рисунке точке  $m_1$  при мощности  $P_0$  и частоте  $f_0$ . Включение дополнительных приемников и рост нагрузки до значения вызывает уменьшение частоты до  $f_1$  (точка  $m_2$ ). Следовательно, при изменении нагрузки отклонение частоты зависит от мощности турбины и равно

$$\Delta f = \Delta f_0 - f_1 = -s\Delta P.$$

Таким образом, действие регулятора частоты вращения сводится к выполнению условия

$$\Delta f + s\Delta P = 0,$$

Где  $\Delta f$  и  $\Delta P$  - изменения частоты и мощности;  $s$ -коэффициент статизма регулятора, равный примерно 4%.

Если установившаяся частота отличается номинальной, то уставку регуляторов частоты вращения турбин приходится менять. Характеристика смещается (кривая 2) и новый режим устанавливается в точки  $m_3$  при мощности турбины, соответствующей мощности, потребляемой нагрузкой  $P_1$ . При этом, как видно из рисунка, частота не отличается от номинальной  $f_0$ .

Таким образом, при постоянстве частоты баланс активной мощности сводится к равенству генерации и потребления:

$$P_2 = \text{при } \Delta f = 0$$

Воздействие на уставку регулятора и смещение характеристик регулирования позволяет перераспределять активную мощность частоте, к чему приходится прибегать в процессе управления режимом энергосистемы. Такое воздействие производится либо вручную персоналом, либо помощью вторичного автоматического регулятора активной мощности электростанций. На первый вход регулятора поступает сигнал, характеризующий задаваемую активную мощность, на второй-сигнал, пропорциональный суммарно фактической мощности. При равенстве заданной  $P_{зд}$  и фактической  $P_{факт}$  мощностей регулятор бездействует. Если же равенство нарушается, то регулятор мощности, воздействуя на уставку регулятор частоты вращения, изменяет мощность турбины до ее совпадения с заданной. Таким образом, действие регулятора сводится к выполнению условия:



$$P_{\text{факт}} - P_{\text{зд}} = \Delta P_T = 0$$

Регулятор активной мощности может управлять работой регуляторов частоты вращения всех турбин электростанции с помощью устройства распределения, задающее долевое участие каждой из турбин. Одновременно этот регулятор контролирует параметры частоты и давление пара, чтобы в случае их значительного отклонения от нормальных значений распознать аварийный режим, требующий изменения заданной мощности в функции указанных параметров. Сигнал задаваемой мощности на регуляторы электростанций поступает от III иерархического уровня централизованной системы управления частотой и активной мощностью энергообъединения.

Обменная мощность объединения  $P_{\text{обм}}$  — это алгебраическая сумма потоков мощности по всем электрическим линиям, связывающим объединение с соседними энергосистемами. Одновременно суммарный обменный поток является разностью между генерируемой электростанциями мощностью  $P_g$  и потребляемой мощностью  $P_{\text{потр}}$  рассматриваемого объединения:

$$P_{\text{обм}} = P_g - P_{\text{потр}}$$

На измерительный орган системы в качестве контролируемого параметра поступает обменная мощность по всем внешним связям, которая сравнивается с заданной. Если  $P_{\text{обм}} = P_{\text{зд}}$ , то система управления бездействует.

Действие системы управления сводится к выполнению условия

$$\Delta P_i + \rho_i \Delta f = 0$$

Где  $\rho$  — постоянный коэффициент для энергообъединения. При отклонении обменного потока от заданного значения система управления это отклонение. При неизменной частоте  $\Delta f = 0$  из следует, что

$$P_{\text{обм}} - P_{\text{зд}} = \Delta P_{\text{обм}} = 0$$

Заданный обменный поток должен предусматривать не только сохранение баланса мощности генерируемой (с помощью регулирования) и потребляемой нагрузок данного объединения, но и мощности, которую необходимо передавать смежным энергосистемам.

## ТЕМА № 7

# БАЛАНСА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И ЕГО СВЯЗЬ С НАПРЯЖЕНИЕМ

### План :

1. Общие сведения.
2. Равновесие реактивной мощности

### Общие сведения.

В отличие от частоты напряжение в различных точках системы различно и зависит от передаваемой мощности  $P$  и  $Q$  сопротивлений  $R$  и  $X$ . Для рассматриваемых сетей значение  $X \gg R$ . Член  $QX$  может быть значительным при передаче реактивной мощности  $Q$  на большие расстояния. В этом случае потеря напряжения возрастает и напряжение снижается иногда в недопустимых пределах. Большие отклонения напряжения нельзя допускать по условиям потерь мощности и неэффективному использованию напряжения в определенных пределах вызывают необходимость его автоматического регулирования. Напряжения в ограниченных районах электрической сети поддерживаются регулированием в определенных узлах питающей сети, называемых контрольными точками.

Автоматическое регулирование напряжения. Первичным устройством управления напряжением является быстродействующий автоматический регулятор возбуждения (АРВ) синхронных машин. Измерительный орган этого регулятора контролирует отклонение напряжения на выводе машин от заданной величины, а в переходных процессах реагирует, в ряде случаев еще и на другие параметры режима, скорости и ускорения их изменения. Отклонение напряжения компенсируется изменением тока возбуждения, влияющим на ЭДС и, следовательно, на генерируемую реактивную мощность.

Как следует балансу активной мощности сопутствует параметр частоты, а балансу реактивной параметр напряжения. Удовлетворение равенств  $P_G = P_{порт}$  при  $\Delta f = 0$   $Q_G = Q_{порт}$  при  $\Delta U_k = 0$  соответствует балансу мощностей.

### Равновесие реактивной мощности

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе равновесия реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшение техника – экономического показателя районной электросети т.е для равенства реактивной мощности надо рассчитать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\Sigma = Q_G + \Sigma Q_K = \Sigma Q_{нагр} + \Delta Q_{тр} + Q_{рез} \quad [Mвар]$$

Здесь  $\Sigma Q_r$ - сумма установленной генерационной реактивной мощности;  
 $\Sigma Q_k$ - сумма мощностей конденсаторной батареи;  
 $\Sigma Q_{нагр}$  - сумма нагрузочной реактивной мощности;  
 $\Delta Q_{тр}$ - потеря реактивной мощности в трансформаторе;  
 $Q_{рез}$ - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерационной реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\Sigma Q_r = \Sigma P_{нагр} \operatorname{tg} \varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

Баланс по реактивной мощности в системе должно соответствовать равенство:

$$\Sigma Q_r = \Sigma Q_n + \Sigma Q_{с.н} + \Sigma \Delta Q - \Sigma Q_c - \Sigma Q_{к.у} = \Sigma Q_{потр}$$

где  $\Sigma Q_r$ - реактивная мощность, вырабатываемая генераторами станций;  $\Sigma Q_n$ - реактивная мощность нагрузок;  $\Sigma Q_{с.н}$ - реактивной мощностью собственных нужд станций;  $\Sigma \Delta Q$ -потери реактивной мощности в сетях;  $\Sigma Q_c$ - мощность, генерируемая линиями;  $\Sigma Q_{к.у}$ - реактивная мощность дополнительных источников (КУ);  $\Sigma Q_{потр}$ -суммарное потребление мощности;

Колебание энергии в магнитных и электрических полях различных устройств переменного тока обуславливает потребление ими реактивной мощности. Основными потребителями реактивной мощности являются трансформаторы, асинхронные двигатели, индукционные электропечи и др. Потери реактивной мощности в сети очень велики и могут достигать 50% от реактивной мощности, поступающей в сеть. Так как по пути от электростанций до нагрузки происходит три и большее число трансформаций, потери реактивной мощности в трансформаторах достигают больших величин.

Реактивные нагрузки потребителей зависят от электрооборудования и в ряде случаев достигают большого относительного значения. Реактивная мощность теряется и в последовательных сопротивлениях линий, хотя одновременно вырабатывается в параллельных емкостных проводимостях (зарядная мощность  $Q_c$ ). Таким образом, учитывая, что второй член велик, так как велико индуктивное сопротивление  $X$  в энергосистеме, регулирование напряжения производится регулированием реактивной мощности, поскольку изменение реактивной мощности источников энергии определяется, как указывалось, регулированием частоты.

В противоположность частоте напряжение в определенных точках системы может регулироваться независимо в каждой компактной подсистеме. В такой подсистеме, разделенной с другими подсистемами значительными индуктивными точками, в которых поддерживается напряжение основной питающей сети. Управление напряжением в контрольной точке следует производить таким образом, чтобы обеспечить минимум потерь в сетях. Таким образом, в каждой подсистеме имеется система управления напряжением.

Важное значение в расчетах и при исследовании нагрузок, а также при подсчетах расходов и потерь электроэнергии, имеют среднюю мощность за наиболее загруженную смену  $P_{см}$ ,  $Q_{см}$  и среднегодовую мощность  $P_{ст}$  и  $Q_{ст}$ . Определяются путем обследований

нагрузок и проверяют по удельным расходам электроэнергии известным для большинства производств.

$P_{см}$  для приемников повторно кратковременного режима работы.  
КПВ=100%

Средняя реактивная мощность с одинаковым режимом работы приемников определяется следующим образом.

1 способ

$$Q_{см} = K_{цр} Q_{ном}$$

2 способ

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi.$$

для опережающего тока (синхронные двигатели, конденсаторные батареи):

$$Q_{см\ к} = Q_{фак} = Q_{ном\ к} \left( \frac{U_{факт}}{U_{ном}} \right)^2.$$

Активная средняя мощность за наиболее загруженную смену  $P_{см}$  узла системы электроснабжения, включающая количество групп приёмников с разными режимами работы, определяется суммированием активных средних мощностей отдельных приёмников.

## ТЕМА № 8

### КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЮ

**Цель. Изучение показатели качества электрической энергии систем электрической сети и их применение в производства.**

**План :**

1. Общее сведения.
2. Показатели качества энергии
3. Отклонения частоты Колебания частоты
4. Отклонения напряжения

Электрическая энергия практически непосредственно не потребляется, а является как бы полуфабрикатом и претерпевает последующее преобразование в электро приемниках. Качество работы электроприемников зависит не только от качества электрической энергии, но и от свойств самих электроприемников.

Хотя приемники выполняются с определенными номинальными данными, они должны нормально работать и при параметрах режима, несколько отличных от номинальных. В ряде случаев почти одинаковые результаты можно получить как за счет улучшения качества энергии, так и путем соответствующего изменения свойств приемников.

Обычно заведомо известно, что экономически более целесообразно улучшение качества энергии. Кроме того, некоторое улучшение качества энергии дает дополнительный технико-экономический эффект в системах электроснабжения.

В настоящее время качество энергии нормировано: на его допустимые показатели ориентированы свойства выпускаемых электропромышленностью страны электроприемников. Нормированные значения показателей качества

энергии обосновываются экономически. Однако выполнение нормированных показателей качества энергии рассматривается как обеспечение заданных технических условий.

Под обеспечением технических условий понимается устранение таких ненормальных явлений, как возникновение брака продукции, снижение ее качества, повышение повреждаемости оборудования, снижение срока службы приемников и т. п. Эти ненормальные явления могут возникать не сразу при каком-то одном режиме работы сети, а в течение длительного срока эксплуатации системы электроснабжения, за который бывают многие различные режимы работы. Другая форма учета указанных условий является весьма затруднительной.

Кроме того, от показателей качества энергии зависит экономичность работы отдельных производственных агрегатов в каждом характерном режиме в отдельности. Поэтому дополнительно решается задача дальнейшего повышения экономичности работы систем электроснабжения при имеющихся средствах воздействия на качество энергии.

Наивыгоднейшее решение получается путем тщательного технико-экономического анализа возможных вариантов. Однако все сравниваемые решения должны безусловно удовлетворять техническим требованиям в соответствии с установленными нормами на показатели качества энергии.

### **Показатели качества энергии**

Основными показателями качества энергии считаются значения частоты и напряжений в узлах сети. В современных условиях все чаще приходится учитывать возможности нарушения симметрии и синусоидальности напряжений у электроприемников. Все эти показатели нашли отражение в выпущенном в 1967 г.

На большинство показателей качества энергии параметры сети оказывают заметное влияние. Поэтому такие показатели считаются местными, имеющими разные числовые значения в разных местах сети. Исключение составляет основная частота в сети, в установившихся режимах определяемая скоростью вращения генераторов.

Для обеспечения местных показателей качества энергии в допустимых пределах в ряде случаев приходится или изменять параметры сети, или применять специальные дополнительные устройства. Поэтому при проектировании сети необходимо определять эти показатели в заданных условиях и в случае необходимости выбирать наиболее экономичные средства кондиционирования энергии, т. е. приведения показателей качества энергии в соответствии с действующими нормами.

Ниже показатели качества энергии рассмотрены более подробно. При этом для каждого из них дается определение, излагаются причины изменения и характеризуется воздействие этого изменения на работу приемников, указываются требования действующих норм и характеризуются пути улучшения положения, а также приводятся некоторые сведения о

возможностях текущего контроля за фактическим положением в процессе эксплуатации электрических сетей.

Следует иметь в виду, что количественные показатели качества энергии непрерывно изменяются. Поэтому, кроме решения задачи выбора средств обеспечения требуемого качества энергии, при проектировании сетей приходится также решать и задачи выбора наилучших законов регулирования параметров режима в процессе изменения нагрузок.

В ряде случаев повышение технико-экономических показателей работы систем электроснабжения может быть достигнуто при использовании имеющихся устройств. В отдельных случаях этим может быть оправдано и применение дополнительных устройств регулирования параметров режима. Практически обеспечить показатели качества энергии в соответствии с требованиями можно только средствами автоматического регулирования, так как изменение нагрузок приводит к необходимости достаточно частого изменения параметров режима. В отдельных случаях, например в послеаварийных режимах, возможно и целесообразно применение и ручного управления соответствующими устройствами.

При проектировании электрических сетей важно знать, что для кондиционирования энергии по разным ее показателям иногда могут быть использованы одни и те же устройства. К таким устройствам относятся, например, батареи конденсаторов.

В условиях эксплуатации электрических сетей должен быть осуществлен систематический контроль за показателями качества энергии. Соответственно должны приниматься и дополнительные мероприятия: изменение законов регулирования, применение дополнительных средств автоматизации, изменение параметров оборудования, изменение состава оборудования и включение дополнительных устройств. Последние мероприятия требуют соответствующих проектных решений, которые выполняются при развитии или реконструкции электрической сети.

### **Отклонения частоты**

Частота токов и напряжений в электрической системе определяется частотой вращения генераторов. Скорость вращения генераторов можно изменять, поэтому при некоторой суммарной нагрузке системы частота может практически достаточно точно соответствовать номинальной. Это достигается схема передающей / регулированием удельного впуска энергостемы носителя (пара, воды) в первичный двигатель.

Для получения представления о возможности изменения состояния системы целесообразно воспользоваться статическими характеристиками передающей / и приемной // частей. Соответствующие статические характеристики по частоте. Действительное значение частоты в системе определяется точкой пересечения этих характеристик. Предполагается, что при данной суммарной активной нагрузке  $P$  частота установлена равной номинальной  $f_n$ . В дальнейшем состояние системы по частоте определяется действием устройства автоматического регулирования частоты вращения турбин .

Если происходит увеличение суммарной нагрузки системы, то приемная ее часть характеризуется другой статической характеристикой. При этом точка пересечения статических характеристик перемещается: частота в системе снижается.

Для поддержания частоты на прежнем уровне требуется переход на другую статическую характеристику / питающей части системы. Это осуществляется устройством автоматического регулирования частоты в системе. Изменение нагрузки системы характеристики по частоте происходит с различной периодичностью передающей / и приемной частью. Наряду с достаточно емкой // частотой системы, быстрыми изменениями, происходящими с интервалами в несколько минут, замечаются изменения с периодами в несколько часов. В соответствии с этим разделяются и задачи регулирования частоты в системе.

Регулирование частоты в соответствии с быстрыми изменениями нагрузки возлагается на частотную станцию системы. Более медленные, но и более значительные изменения нагрузки должны восприниматься большим количеством станций системы. При этом возникает дополнительная задача: обеспечение экономичности работы всей энергетической системы за счет более рационального распределения активной мощности нагрузки между ее электрическими станциями. Отличие фактического значения частоты от номинального

$$\Delta f = f - f_n \quad (6-1)$$

называется отклонением частоты.

В настоящее время в условиях нормальной работы системы допускаются отклонения частоты в пределах  $\pm 0,1$  Гц. Современные системы автоматического регулирования частоты обеспечивают выполнение этих требований.

Частота вращения всех включенных в работу электродвигателей, находящихся в составе потребителей энергии, пропорциональна частоте. В ряде случаев частота вращения двигателей влияет на производительность промышленных агрегатов цехов и предприятий в целом. Многие технологические процессы требуют стабилизации частоты в системе.

Регулирование частоты в системе практически возможно только при наличии резерва активной мощности. Это значит, что рабочая мощность регулирующих станций должна быть больше их фактической нагрузки.

В послеаварийных режимах при делении системы на несинхронные работающие части в одной из них может не оказаться достаточной рабочей мощности. При этом частота снижается, так как это соответствует снижению суммарной активной нагрузки.

Во избежание недопустимо глубоких посадок частоты, при которых резко снижается производительность оборудования электрических станций (питательных и циркуляционных насосов и т. п.) и возможно полное нарушение работы данной части системы, широкое применение получили устройства автоматической частотной разгрузки (АЧР). При недопустимом снижении частоты в системе эти устройства отключают менее ответственных потребителей.

При восстановлении частоты в системе происходит автоматическое повторное включение потребителей (частотное АПВ).

В настоящее время нормируется синхронное время

$$t_c = \frac{1}{f_H} \int_0^t f dt,$$

которое не должно отличаться от астрономического более чем на 2 мин. Это обусловлено стремлением к широкому применению электрических часов на переменном токе. Существующая система централизованного управления часами в крупных городах является весьма сложной, дорогой и ненадежной.

### Колебания частоты

В случаях достаточно быстрых изменений частоты (со скоростью более 0,1 %/с) вводится понятие колебаний частоты, которые могут быть определены количественно также по формуле.

Одной из причин колебаний частоты являются большие возмущения в системе, связанные с переходными процессами в результате коротких замыканий и аналогичных явлений. Эти колебания возникают сравнительно редко и поэтому не оказывают существенного влияния на работу приемников.

Наиболее существенными для работы приемников являются периодические колебания частоты, которые вызываются так называемой периодической ударной нагрузкой большой мощности. Такой является, например, нагрузка крупных прокатных станков с электроприводами в виде мощных синхронных двигателей, в настоящее время их мощность выражается в десятках мегаватт.

Резкие и почти периодические изменения нагрузки этих двигателей приводят к явлению их качаний, т. е. периодическому изменению частоты их вращения (рис. 6-3). Если мощность двигателей соизмерима с мощностью генераторов системы, то возникают и качания генераторов.

Практически чаще замечаются явления качаний электродвигателей, присоединенных к участкам сети, которые оказываются электрически близкими к синхронной машине с переменной частотой вращения.

Причина этого явления заключается в том, что приемники оказываются под одновременным воздействием двух (в простейшем случае) источников питания — источников с постоянной и переменной частотой вращения. Первым является эквивалентный генератор системы 1, а вторым — двигатель 2 с переменной частотой вращения. В зависимости от соотношения параметров сети второй источник питания оказывает различное влияние.

Чем меньше электрическая удаленность (сопротивление эквивалентной связи) от источника с переменной частотой вращения, тем больше его влияние и скорее может обнаружиться явление качания двигателей других потребителей.

В настоящее время величина колебаний частоты нормирована: она не должна быть больше  $\pm 0,2$  Гц. Эта величина дана независимо от отклонений частоты.

Колебания частоты относятся к местным показателям качества энергии. Соответственно местными оказываются и меры воздействия. В частности, обнаружено, что заметно снизить колебания частоты удается с помощью



устройства автоматического регулирования тока возбуждения синхронных двигателей с ударной нагрузкой.

В случае необходимости приходится воздействовать и на соотношение параметров сети. Так, можно снижать электрическую удаленность от источника питания с постоянной частотой вращения путем применения установок продольно-емкостной компенсации. Можно применять и взаимоиндуктирующие цепи, одновременно уменьшающие удаленность от источника питания с постоянной частотой вращения и увеличивающие удаленность от источника питания с переменной частотой вращения.

### Отклонения напряжения

Непрерывное изменение электрических нагрузок в распределительных и питающих сетях приводит к непрерывному изменению падений и потерь напряжения в них. Вследствие этого во всех пунктах сетей непрерывно изменяются значения отклонений напряжения.

По действующим нормам допускаются следующие отклонения напряжения у зажимов приемников: для осветительных приемников в производственных и общественных помещениях от  $-2,5\%$  до  $+5\%$ ; для асинхронных двигателей от  $-5\%$  до  $+10\%$  и во всех прочих случаях от  $-5\%$  до  $+5\%$ .

Поскольку современные электрические сети в большей мере обладают реактивными сопротивлениями, режим напряжений в них в основном определяется значениями реактивной мощности. Для характеристики режима напряжений в некотором пункте соединения питающей и приемной частей сети) целесообразно воспользоваться статическими характеристиками реактивной мощности по напряжению.

На рис. показаны эти характеристики для передающей / и приемной // частей сети. В первой учтено влияние сети; вторая отражает свойства приемников без учета действия устройства. Статические характеристики автоматического регулирования по на напряжения.

Спряжению передающей/ Точка пересечения этих характеристик соответствует значению напряжения  $U_n$  в данном пункте сети. Увеличение реактивной нагрузки (вызванное, например, включением дополнительных электроприемников) означает переход на другую статическую характеристику приемной части сети //. При этом напряжение снижается ( $U' < U_a$ ).

Если нужно сохранить напряжение на прежнем уровне или повысить его по сравнению с полученным, то надо обеспечить переход на другую статическую характеристику для передающей части сети. Так возникает задача автоматического регулирования.

Следует, однако, иметь в виду, что применение регулирующих устройств оказывается достаточным только в том случае, если в соответствующем месте сети реактивная мощность может быть получена в нужном количестве, т. е. имеется резерв реактивной мощности. При отсутствии резерва изменение коэффициента трансформации не приводит к желаемым результатам.

Это можно проследить по аналогичному графику. При отсутствии резерва реактивной мощности статическая характеристика передающей части сети /

получается очень пологой. Добавление э. д. с.  $E$  (обусловленное изменением коэффициента трансформации) практически приводит к большому снижению напряжения  $D$  (т в питающей части сети, чем к повышению его  $A$ с/ц в приемной).

Если приемники имеют сравнительно малую электрическую удаленность от генераторов, регулирование напряжения может быть осуществлено путем изменения тока возбуждения генераторов. При этом автоматически (в пределах располагаемого регулировочного диапазона) генерируется и требуемая реактивная мощность.

Однако в современных условиях электроснабжения генераторы электрических станций оказываются соединенными с приемниками протяженными сетями разных номинальных напряжений. При этом суммарные потери напряжения в сети оказываются достаточно большими и изменяющимися в значительных пределах. Поэтому обеспечить требуемые отклонения напряжения на зажимах приемников можно только с помощью регулирующих и компенсирующих устройств.

Пусть, например, указанная цепь состоит из повышающих трансформаторов, сети 220 кВ, понижающих автотрансформаторов, сети 110 кВ, понижающих трансформаторов, сети 10 кВ, распределительных трансформаторов и сети 380 В. Нетрудно представить, что суммарные наибольшие потери напряжения в такой цепи могут превышать 50%. Если наименьшая величина нагрузки составляет 40% от наибольшей, то суммарная величина потерь напряжения в сети может изменяться на 30%.

Очевидно, что при неизменных коэффициентах трансформации регулирование напряжения генераторами оказывается недостаточным; при этом в режимах больших (нб) нагрузок отклонения напряжения у приемников получаются ниже допустимых  $V$ -, а в режимах малых (нм) нагрузок — выше допустимых. Следует отметить, что одновременное изменение коэффициентов трансформации промежуточных трансформаторов приводит только к изменению значений напряжений во всей последующей части сети (по пути передачи электрической энергии) на одну и ту же величину  $E$  во всех рабочих режимах.

### **Обобщенная диаграмма режима напряжения**

Представление о режиме напряжений в распределительной сети в условиях обеспечения допустимых отклонений напряжения на зажимах приемников, присоединенных к этой сети, можно получить в графической форме в виде обобщенной диаграммы режима напряжений. Целесообразность такого представления обусловлена его наглядностью и общностью. Однако следует иметь в виду, что при построении диаграммы имеется определенное количество допущений.

Диаграмма строится по данным предельных режимов (условно — наибольших и наименьших нагрузок) при условии однородности потребителей. Исходными являются заданные пределы отклонений напряжения от  $U_d$  до  $V''$  на зажимах приемников, известное отношение потерь напряжения  $DU$  в режиме

наибольших нагрузок и  $D(\rho)$  в режиме наименьших нагрузок для любого участка сети, принятая структура сети и параметры трансформаторов. Построенная диаграмма отражает режим напряжений во всех распределительных сетях с. н. и н. н., получающих питание от шин ЦП — шин 6—10 кВ районной подстанции.

Диаграмма строится в прямоугольных осях координат  $V, V''$ . Зона допустимых отклонений напряжения определяется на диаграмме областью, ограниченной сторонами прямоугольника

Если режим напряжений у питающего конца сети н. н. определяется точкой  $A$ , то в любом другом пункте этой сети он находится с помощью прямой  $AB$  с угловым коэффициентом.

Если точка  $B$  соответствует наиболее удаленному пункту сети, то разность ординат точек  $A$  и  $B$  определяет наибольшие потери напряжения в сети

Режим напряжений в сети является допустимым, если вся прямая  $AB$  находится в пределах прямоугольника  $abcy$ . Он оказывается допустимым и в том случае, если часть прямой, выходящая за пределы прямоугольника  $abcy$ , соответствует участку сети, к которой приемники не присоединяются.

## ТЕМА № 9

### ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Цель.** Изучение элементов систем электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

**План :**

1. Общие сведения.
2. Показатели экономичности отдельных элементов
3. Определение капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов
4. Приведенные затраты 3.

#### **Общие сведения.**

Условия эксплуатации существующих электрических сетей характерны тем, что состав установленного оборудования оказывается заданным и его параметры известными (эти параметры с течением времени могут несколько изменяться), При данном составе оборудования электрическая сеть может работать с разными технико-экономическими показателями. Задача эксплуатационного персонала состоит в том, чтобы при выполнении всех технических требований обеспечить наиболее, экономичную работу электрических сетей.

В общем случае при этом нельзя рассматривать условия работы каждого устройства, входящего в состав некоторой энергетической системы, отдельно от условий работы других устройств. Эти условия могут быть связанными, поэтому целесообразность изменения режима работы каждого из устройств определяется суммарным эффектом для системы в целом. Только в некоторых случаях эта связь оказывается достаточно слабой и практически может не учитываться.

Для энергетической системы в целом наиболее выгодным является такой режим ее работы, при котором суммарные затраты за длительный период времени на энергоснабжение потребителей с выполнением всех технических требований получаются наименьшими. При этом наименьшей получается удельная себестоимость отпущенной абонентам электроэнергии. Приближенно считают, что при этом наименьшим должен быть удельный расход топлива.

Строго говоря, условие экономичности работы должно распространяться на всю энергетическую систему, в состав которой входят все ее элементы. Однако между некоторыми задачами имеется сравнительно слабая связь, поэтому они могут решаться взаимно независимо. К числу их относятся наиболее выгодное распределение активной мощности нагрузки энергетической системы между ее электрическими станциями, наиболее выгодное распределение реактивной мощности нагрузки электрической системы между источниками питания, улучшение условий

работы неоднородных замкнутых частей электрической сети, регулирование уровня напряжения в электрической сети или ее отдельных частях, выбор состава включенного в работу оборудования (допустимого по техническим условиям).

При решении вопроса о наивыгоднейшем распределении активной мощности между электрическими станциями приходится различать системы — концентрированные и протяженные. Концентрированными называют системы, в которых удельный прирост потерь для основной сети сравнительно мал и не выходит за пределы 0,05—0,1. В таких случаях определяющими являются условия экономичности параллельной работы электрических станций. Это обусловлено прежде всего тем, что к. п. д. современной крупной тепловой станции при полной ее нагрузке не превышает 40%, в то время как к. п. д. основной электрической сети редко оказывается ниже 90%.

В концентрированных системах влияние потерь активной мощности в сети на экономичность распределения активной мощности между станциями мало. Учет его может внести лишь некоторую поправку в решение. В протяженных системах эта поправка может быть существенной и должна учитываться.

Отсюда следует, что для протяженных систем не всегда можно отдельно рассматривать задачи наивыгоднейшего распределения активной и реактивной мощности и что ни в каких случаях нельзя рассматривать задачу распределения активной мощности между электрическими станциями, исходя из условий только снижения потерь активной мощности в сети.

### **Показатели экономичности отдельных элементов**

В значительной мере независимыми можно считать задачи снижения потерь активной мощности изменением условий работы неоднородных замкнутых частей сети и регулирования уровня напряжения в отдельных частях сети. Это справедливо в тех случаях, когда заметного влияния на распределение активной и реактивной мощности между источниками питания при этом не получается.

В отдельных случаях решение задачи оказывается настолько очевидным, что не требует специального анализа и может быть получено непосредственно. Например, асинхронный двигатель, присоединенный к сети промышленного предприятия, всегда целесообразно отключить, если он по условиям технологического процесса долгое время должен работать вхолостую. При этом устраняются потери активной мощности в нем, снижается потребление реактивной мощности, уменьшаются потери, активной и реактивной мощности в сети и т. п. То же относится и к трансформаторам, работающим вхолостую, если их отключение не приводит к перерывам или снижению надежности электроснабжения.

Задача выбора условий включения или отключения одного из трансформаторов или синхронных компенсаторов по условиям

экономичности (когда по техническим требованиям любой из этих вариантов является допустимым) оказывается более сложной, так как при этом постоянные потери (холостого хода) изменяются в одну сторону, а переменные (нагрузочные) — в другую. При этом могут изменяться и потери в других элементах сети.

### **Определение капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов**

Приведенные затраты  $Z$  при строительстве в течение одного этапа (года) и дальнейшей эксплуатации с неизменными годовыми издержками

Предполагается также, что дальнейшая эксплуатация происходит с неизменными годовыми издержками, т. е. передаваемая мощность, а следовательно, и потери энергии, затраты на ремонт и обслуживание и другие величины не меняются из года в год в течение рассматриваемого срока эксплуатации.

Годовые издержки  $I$  (годовые эксплуатационные расходы) состоят из трех составляющих: ежегодных отчислений от капитальных затрат  $p_{\Sigma}K$  на амортизацию; стоимости потерь энергии  $C_3$ ; ущерба  $У$ .

Рассмотрим эти составляющие подробнее.

1. Каждое сооружение (шины, трансформаторы и др.) может просуществовать какое-то число лет  $n$  (линия на металлических опорах — несколько десятков лет, на деревянных — менее 10 лет) в зависимости от долговечности опор и качества изоляции и т. д. Например, линия на деревянных опорах, пропитанных от гниения специальным составом, может проработать 10 лет. Через 10 лет должна быть произведена замена этой линии. Чтобы иметь для этого средства, ежегодно от капитальных затрат на реновацию (полную замену) отчисляются основные фонды, так чтобы через 10 лет сумма отчислений равнялась этим затратам.

Амортизационные отчисления. Постепенное перенесение стоимости основных фондов на производимый продукт в целях образования фонда денежных средств для последующего частичного и полного воспроизводства основных фондов называется *амортизацией*. Амортизационные отчисления производятся по специальным нормам, устанавливаемым в процентах по отношению к балансовой (первоначальной или восстановительной) стоимости основных фондов. Эти отчисления включаются в себестоимость продукции и по мере ее реализации образуют особый фонд средств, который делится на две части: одна из них предназначается для полного восстановления выбывающих в плановом порядке основных фондов, другая часть образует особый целевой фонд предприятия, расходующийся в соответствии с планом на капитальный ремонт и модернизацию действующих основных фондов. Общий коэффициент ежегодных отчислений  $p_{\Sigma}$  приведен в табл.

При проектировании необходимо иметь в виду, что капитальные затраты на резервирование отдельных элементов (генераторов, линий, трансформаторов и т. д.) в ряде случаев могут быть значительно уменьшены применением

вместо резервных основных элементов релейной защиты и автоматики, стоимость которых несоизмеримо меньше, чем основных.

Ток, протекающий по линиям и трансформаторам, вызывает потери энергии  $\Delta \mathcal{E}$ , стоимость которых  $C_3 = \Delta \mathcal{E} c_3$ , где  $c_3$  — стоимость 1 кВт·ч потерянной энергии, согласно рис.

Народнохозяйственный ущерб  $U$  вызывается перерывами в электроснабжении, отклонением напряжения от нормального, потерей устойчивости параллельной работы станций (или потребителей) и др. Однако, как указывалось, рекомендуется учитывать только ущерб от недоотпуска энергии, так как другие виды ущербов определяются довольно сложно. Таким образом, годовые издержки

$$I = p_{\Sigma} K + C_3 + U$$

где  $C_3 = \Delta P_{\max} t c_3 = 3I^2 R t c_3 \cdot 10^{-3}$  сум/год

### Приведенные затраты $Z$ .

Эффективность капиталовложений в строительство сетей, станций и т. д. оценивается **сроком окупаемости**  $T_{ок}$ . Для учета срока окупаемости сооружения применяется так называемый нормативный коэффициент эффективности  $E_n$ , представляющий собой величину, обратную сроку окупаемости:

$$E_n = 1/T_{ок}$$

Этот коэффициент зависит от состояния народного хозяйства на данном этапе развития и при строительстве объектов энергетики принимается равным 0,12 (в относительных единицах); при оценке эффективности новой техники — равным 0,15. Срок окупаемости  $T_{ок}$  представляет собой время, за которое первоначально вложенные средства возвращаются за счет экономии на себестоимости.

Таким образом, приведенные затраты, сум/год,

$$Z = (E_n + P_{\Sigma}) K + 3I^2 R t c_3 \cdot 10^{-3} + U \quad \text{или} \\ Z = (E_n + P_{\Sigma}) K + C_3 + U.$$

Для ряда элементов системы

$$Z = \Sigma [(E_n + P_{\Sigma}) K + C_3 + U].$$

Суммирование производится по элементам (линиям, трансформаторам и т. д.).

Оптимальным считается вариант, у которого приведенные затраты минимальны. Если какая-либо составляющая этих затрат входит во все сравниваемые варианты (величина постоянная), она может не учитываться, так как на выбор варианта не влияет.

Если в раскрыть скобки и заменить годовые издержки согласно через  $E_n$ , то получим

$$Z = E_n K + I.$$

Это выражение наиболее часто встречается в литературе и не противоречит выражению.

При сравнении вариантов важным показателем является удельная расчетная стоимость передачи энергии, сум/(кВт·Ч),

$$C_n = Z/\mathcal{E} = Z/(P_{\max} T_{\max}),$$

где  $P_{\text{макс}}$ —максимальная активная мощность, передаваемая потребителю; величина  $T_{\text{макс}}$  зависит от потребителя. Важным показателем является также себестоимость передачи энергии, сум/(кВт-ч),

$$C_c = W/\Delta = W/(P_{\text{макс}} T_{\text{макс}}).$$

При проектировании электросетей одна и та же задача может быть решена в нескольких вариантах. Например, передачу электроэнергии от мощной электростанции к приемной п/станции может быть осуществлена при 220 и 110 кВ. В обоих вариантах сеть будет удовлетворять техническим требованиям. Какой из них более целесообразен можно выявить лишь в результате сравнения их экономических показателей. При 220 кВ вероятно линия окажется дешевле. Однако тр-ры и РУ будут дороже. Проект электрической сети должен обеспечивать выполнение трех основных требований: надежности, качества напряжения и экономичности. Последнюю оценивают, сопоставляя равноценные по первым двум требованиям варианты методом приведенных затрат:

$$Z_{\text{пр}} = K_{\text{эн}} * K + C_{\text{э}} + Y$$

где  $Y$  -годовой ущерб от перерывов эл. снабжения.



## ТЕМА № 10

# МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

**Цель** Способы уменьшению потерь мощности и электроэнергии в производстве.

**План :**

1. Общее сведения.
2. Потери активные и реактивные трансформатора:

### Общее сведения.

а) Приведение нагрузок районных п/станций к шинам высшего напряжения. Нагрузока сети в точке присоединения районной п/ст состоит из активных и реактивных нагрузок потребителей и потерь в распредел. сети и в травах р/нной п/ст. Вычисления должны быть выполнены для режимов наиб. и наименьших нагрузок.

б) Нахождение предварительного распределения мощностей в сети в режиме наиб. нагрузок. Наиб. мощность передаваемая по участку сети представляет собой сумму наиб. нагрузок, питаемых через рассматриваемый участок. При этом акт. и реактив. мощности нагрузок складываются независимо друг от друга.

Потери мощности в линиях не учитываются т.к. они зависят сеч. проводов, которые еще неизвестны.

в) Определение площади сечение проводов линии производят по экон. плотности тока. При этом по условию предотвращения короны сечение провода должно быть не менее:

для ЛЭП - 110 кВ - АСО - 300

для ЛЭП 220 кВ - АСО - 240

Во избежание механической перегрузки опор сечения проводов не должны превышать:

для ЛЭП - 110 кВ - АСО - 300

для ЛЭП - 220 кВ - АСО - 500

г) Вычисление расчетных нагрузок и составление схемы замещения сети.

Расчетную нагрузку в точке присоединения п/станции находят как сумму активных и реактивных нагрузок этой п/ст. с учетом потерь мощности в трансформаторах и половины зарядной мощности линии, присоединенных к ее сборным шинам.

д) уточнение потокакораспределения мощностей с учетом потерь мощности в сети;

е) уточнение мощности компенс. устройств.

ж) уточнение сеч. проводов.

з) Определение потерь напряжение в питающей сети. При расчете неразветвл. сети следует различать задачи двух типов: А) Задано напряжение

на шинах наиболее удаленной подстанции. Необходимо определить потери напряжения на участках линии и напряжения на остальных точках присоединения нагрузок; Б) Известно напряжение в пункте питания, необходимо найти потери напряжения на участках линии и напряжений на остальных узлах сети.

Эл. расчет обычно выполняется для двух режимов нормальной работы: при наибольших и наименьших нагрузках. Должны быть проворены также и после аварийные режимы: отключение одной из цепей ЛЭП на любом участке, одного из тр-ров р/нной или повышающей п/ст, любой из электростанций энергосистемы. Аварийное отключение может привести к значит. понижению или повышению напряжения у нагрузок.

и) Выбор рег. ответвлений РПН тр-ров.

Предварительное распределение мощностей и энергий по уч. линии в реж. макс. нагрузки.

б) в режиме наименьшей нагрузки ( мин. режим) расчет производится в той же последовательности, но нагрузка берется наименьшая из годового графика по продолжительности. Если такие данные отсутствуют, то принимается 50% нагрузки максимального режима.

Для определения мощности трансформатора, устанавливаемой на двухтрансформаторной подстанции, нужно наш большую нагрузку подстанций разделить на число температур и прибавить 30% запаса мощности и забем по табл. ГОСТа выбрать трансформатор ближайтей большей мощности

### Потери активные и реактивные трансформатора:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 1/n \Delta P_{\text{кт}} (S_x/S_{\text{нт}})^2 + n \Delta P_{\text{xx}} = (1/2) * 18 * (840/630)^2 + 2 * 3,6 = 23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = U_{\text{к}} \% S_x^2 / 100 n S_{\text{нт}} + n I_{\text{xx}} \% S_{\text{нт}} / 100 = 6,5 * 840^2 / 200 * 630 + 2 * 1,4 * 630 / 100 = 54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь n=2- число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{\text{ввод}}^{\text{тр}} = P + \Delta P_{\text{тр}} = 800 + 23,2 = 823,2 \text{ [кВт]}$  ;

$$Q_{\text{ввод}} = Q + \Delta Q_{\text{тр}} = 600 + 54,04 = 654,04 \text{ [кВар]} ;$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{\text{ввод}}^{\text{тр}} = P_{\text{ввод}}^{\text{тр}} + j Q_{\text{ввод}}^{\text{тр}} = 823,2 + j 654,04 \text{ [кВА]} ;$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{\text{тр}} = (1/n) \Delta P_{\text{кт}} (S_x/S_{\text{нт}})^2 \tau + n \Delta P_{\text{xx}} T_{\text{и}} = (1,2) * 18 * (840/630)^2 * 200 + 2 * 3,6 * 8760 = 88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика  $\tau = f(T)$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной

линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{TP}} / \sqrt{3} U_{\text{H1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max U}$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

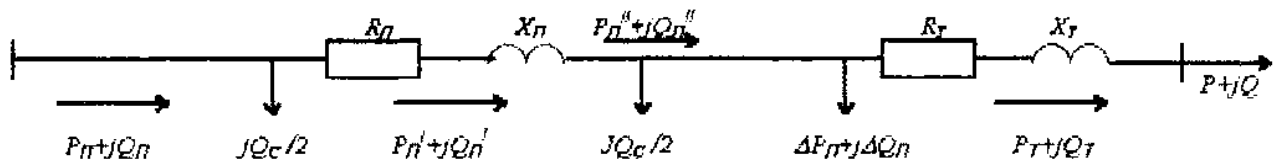
Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_c = U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_c = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0, x_0, b_0$ -берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.



**Рисунок-2.**

Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые течет по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{т}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{т}} - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}.$

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^1 R_{\text{л}} + Q_{\text{л}}^1 X_{\text{л}}) / U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{\text{л}}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U \% = \Delta U_{\text{л}} 100\% / U_{\text{л}}^{11} \leq 5\%.$$

Здесь:  $U_{\text{л}}^{11}$  - напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора. В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{\text{л}1} = U_{\text{л}} + \Delta U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta = P_{\text{л}}^{11} / P_{\text{л}} \quad \cos \varphi_{\text{л}} = P_{\text{л}} / S_{\text{л}};$$

здесь:  $S_{\text{л}} = P_{\text{л}} + jQ_{\text{л}}$  [кВА]-комплексный вид или  $S = \sqrt{P_{\text{л}}^2 + Q_{\text{л}}^2}$  [кВа ном.

## ТЕМА № 11. РАСЧЁТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТИ.

**Цель.** Изучение механическую прочность элементов систем электрической сети

**План :**

1. Общее сведения.
2. Внутренние сети
3. Наружные воздушные сети
4. Кабельные сети

### Общее сведения.

Механическая прочность возд. линий опр-ся способностью ее конструктивных элементов выдерживать мех. нагрузки, обусловленные действием ветра на поверхности проводов, тросов, опор, действием массы самих проводов и массы гололеда. Величины этих воздействий зависят от климатических условий местности. Поэтому вся территория нашей страны разделена на 5 клим. района по гололеду и 7 кл. района по скор. наопру ветра. Территория Средней Азии может быть отнесена к II-кл. ( 10мм)

району по гололеду и IV - клим. району по скоростному напору ветра. (30 м/с) .

Климатич. районы отличаются толщиной стенки гололеда, образуемой на поверхности провода и скоростью ветра, которые приведены в справочниках.

Гололед образуется на проводах во время туманов, снегопада или во время дождя при температуры от 0 до -5С. В пределах этих температур снежинки и капли дождя подмерзают и образуют слой льда на поверхности провода.

в) Нагрузки от собственной массы провода, покрытого гололедом. Направление ветра при расчете принимается горизонтальным

Г о л ы е (неизолированные) п р о в о д а изготовляют из м е д и, а л ю м и н и я и стали без изолирующих покровов. Их применяют главным образом в воздушных сетях, где они подвешиваются к специальным опорам с помощью арматуры и изоляторов, но иногда и во внутренних сетях.

Медь обладает наименьшим удельным электрическим сопротивлением 18 Ом-мм<sup>2</sup>/км при 20° С. Временное сопротивление на разрыв медной проволоки, подвергавшейся горячей прокатке, а затем холодному волочению, составляет 38—40 кгс/мм<sup>2</sup>.

Медь по сравнению с алюминием является более дорогим и дефицитным металлом, поэтому в настоящее время новых воздушных линий с медными проводами не сооружают.

Алюминий обладает в 1,6 раза большим удельным электрическим сопротивлением 29,5 Ом-мм<sup>2</sup>/км при 20°С. Временное сопротивление на разрыв твердотянутой алюминиевой проволоки составляет всего 15—16 кгс/мм<sup>2</sup>, поэтому алюминиевые провода обычно применяют только в сетях напряжением до 35 кВ.

Сталь обладает значительно более высоким удельным электрическим сопротивлением, которое зависит от ее сорта, способа изготовления провода и от величины тока, проходящего по нему. Временное сопротивление на разрыв стальных проводов достигает 70—120 кгс/мм<sup>2</sup> и более.

Для предотвращения окисления стальные провода оцинковываются.

Стальные провода применяют редко при сравнительно малых нагрузках, характерных для сельских сетей. В отдельных случаях вследствие высокой механической

прочности стальные провода применяют при выполнении переходов воздушных линий через широкие реки и другие препятствия.

По конструктивному выполнению различают однопроволочные и многопроволочные провода. Последние часто бывают комбинированными — из алюминия и стали. На линиях иногда применяют расщепление проводов: подвешивают одновременно по несколько проводов на фазу.

Однопроволочный провод состоит из одной круглой проволоки. Многопроволочный провод свивается из отдельных круглых проволок диаметром 2—3 мм. При увеличении сечения провода число проволок возрастает. Например, алюминиевый провод сечением 35 мм<sup>2</sup> состоит из семи проволок, а алюминиевый провод сечением 185 мм<sup>2</sup> — из 19 проволок.

Однопроволочные провода дешевле многопроволочных, однако они менее гибки и имеют меньшую механическую прочность. Поэтому однопроволочные стальные провода изготавливают диаметром не более 5 мм. Алюминиевые однопроволочные провода вообще не изготавливают из-за их низкой прочности.

В сталеалюминевых проводах внутренние проволочки (сердечник провода) выполняют из стали, а верхние из алюминия. Стальной сердечник предназначен для увеличения механической прочности провода; алюминий является токопроводящей частью. Хотя сечение стальной части в среднем в 5 раз меньше сечения алюминиевой части, стальная часть воспринимает около 40% всей механической нагрузки. Сталеалюминевые провода широко применяют в сетях напряжением 35 кВ и выше.

В марке провода буквой отмечается его материал: медные М, алюминиевые А, сталеалюминевые АС, стальные однопроволочные ПСО, стальные многопроволочные провода ПС и ПМС (провод медянистый стальной). Провода ПС имеют присадку меди до 0,2%, а провода ПМС—до 0,4%. Провода ПМС имеют большую коррозионную устойчивость, и поэтому срок их службы в полтора раза превышает срок службы проводов ПС.

Сталеалюминевые провода с усиленным стальным сердечником имеют марку АСУ, с облегченным стальным сердечником АСО. В марке провода указывается и его номинальное сечение. Например, А-50 означает алюминиевый провод сечением 50 мм<sup>2</sup>. Для стальных одно-проволочных проводов в марке указывают диаметр провода. Так, ПСО-5 означает однопроволочный стальной провод диаметром 5 мм. Стальные многопроволочные грозозащитные тросы имеют марки С-35, С-50, С-70.

Расщепление проводов применяется на линиях сверхвысоких напряжений. Этим достигается ослабление электрического поля около "проводов и снижение ионизации воздуха (явления «короны»).

Провода воздушных линий соединяют при помощи специальных зажимов путем обжатия или прессования. Концы проводов соединяют термитной сваркой. Посредством термитной сварки создают цельнометаллическое соединение, не изменяющее с течением времени своих электрических характеристик и имеющее хорошие механические характеристики.

Изолированные провода имеют внешние изолирующие, а иногда и защитные покровы. Они используются в основном для внутренних сетей. Токоведущие жилы проводов выполняют из круглой медной или алюминиевой проволоки. Изготавливают одно-, двух-, трех-, , четырехжильные и многожильные провода.

Изолирующую оболочку выполняют из резины или полихлорвинилового пластиката. Защитные покровы проводов с резиновой изоляцией выполняют в виде оплетки из волокнистых материалов, пропитанной противогнилостным составом. Провода с полихлорвиниловой изоляцией обычно изготавливают без защитных покровов. Применяют также металлические защитные оболочки для защиты от механических повреждений. Два свитых вместе гибких изолированных провода называют шнуром. По напряжению провода изготавливают на 220, 380, 500, 2000 и 3000 В переменного тока, а шнуры — на 220 В.

Отечественные заводы изготавливают большой ассортимент проводов и шнуров, предназначенных для различных условий прокладки и работы. Провода с медной жилой и резиновой изоляцией имеют марки ПР, а с алюминиевой жилой —АПР. Провода марок ПР и АПР применяют для неподвижных прокладок на изоляторах внутри помещений.

Для присоединения подвижных частей электрических машин и аппаратов используют изолированные провода повышенной гибкости марки ПРГ . Буква Г в марке провода означает, что его жила имеет повышенную гибкость.

Для прокладки в стальных, стеклянных и других трубах применяют изолированные провода марок ПРТО и АПРТО. Провода с

полихлорвиниловой изоляцией и с медной или алюминиевой жилой имеют марки ПВ и АПВ. Шнур с резиновой изоляцией имеет марку ШР .

Кабелем называют многопроволочный провод или несколько скрученных вместе взаимно изолированных проводов (жил) при выполнении в общей герметической оболочке. Поверх оболочки могут быть наложены защитные покровы. Силовые кабели предназначены для • прокладки в земле, под водой, на открытом воздухе и внутри помещений.

Силовые кабели напряжением до 35 кВ включительно изготавливают главным образом с изоляцией из плотной бумаги, пропитанной специальной кабельной массой (компаундом). Применяют также кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией. Токоведущие жилы изготавливают из медных или алюминиевых проволок и для уменьшения размеров выполняют секторной формы и между отдельными жилами вставляют специальные жгутики — заполнители из джута. Поверх изоляции кабель спрессовывают бесшовной оболочкой из алюминия или свинца для того, чтобы в изоляцию не попадала влага из воздуха. Для кабелей напряжением до 1 кВ применяют также оболочки из пластмасс.

Для защиты от механических повреждений кабель покрывают броней из стальной ленты. Между металлической оболочкой кабеля и броней и поверх брони накладывают покровы из джута, пропитанные антикоррозионными составами. В воздухе прокладывают кабели без наружного джутового покрова. Для прокладки в туннелях и других местах, опасных в пожарном отношении, применяют специальные кабели с негорючими защитными покровами.

Кабели на напряжение 20 и 35 кВ выполняют с отдельно освинцованными круглыми жилами . Наличие отдельных свинцовых оболочек для каждой фазы обеспечивает более равномерную структуру электрического поля и, следовательно, лучшее использование изоляции кабеля.

В кабелях с вязкой пропиткой после первого же цикла нагрева током образуются пустоты. Объясняется это тем, что температурный коэффициент расширения кабельной массы значительно превышает коэффициенты расширения изолирующей бумаги, свинца и пр. Наличие пустот ослабляет электрическую прочность кабеля.

При напряжении 35 кВ находят применение газонаполненные кабели. Это освинцованные кабели, изолирующая бумага которых пропитана относительно малым количеством кабельной массы. Кабель находится под небольшим избыточным давлением инертного газа (обычно азота), что значительно повышает изолирующие свойства бумаги.

На рис. дан схематический разрез трехжильного газонаполненного кабеля на напряжение 35 кВ. Для выравнивания электрического поля поверх бумажной изоляции каждой фазы наложен экран из металлизированной бумаги. Газопроводящие каналы образованы открытыми металлическими спиралями, что обеспечивает свободный доступ газа в изоляцию по всей длине кабеля.

Газонаполненные кабели применяют и на напряжение 10 кВ при крутонаклонной и вертикальной прокладках. Применение обычных кабелей с

вязкой пропиткой привело бы к стеканию пропиточной массы в верхних участках трассы кабеля. Кроме газонаполненных кабелей, в этих случаях применяют также кабели со специальной нестекающей пропиточной массой. При напряжениях выше 70 кВ кабели с вязкой пропиткой практически неприменимы, так как при этом потребовалось бы значительное увеличение диаметра кабеля, что весьма затруднило бы его транспорт. В таких случаях применяется заполнение маслом или газом под давлением.

Кабели 110 кВ и выше обычно выполняют одножильными. Существует значительное число конструкций таких кабелей. Маслонаполненный кабель низкого давления. Внутри жилы, выполненной из отдельных медных проволок, находится медная спираль, образующая сплошной канал. Он заполнен маслом под небольшим избыточным давлением, что исключает возможность образования пустот в изоляции кабеля и значительно повышает его электрическую прочность.

В марке кабеля указывают число и сечение жил кабеля. Например, СБ-ЗХ95 означает освинцованный и бронированный двумя стальными лентами трехжильный кабель с медными жилами сечением 95 мм<sup>2</sup>, с наружным джутовым покровом; СБГ-ЗХ95 означает такой же кабель, но без наружного джутового покрова; АСБГ — освинцованный бронированный кабель с алюминиевыми жилами без наружного джутового покрова; ААБГ — кабель с алюминиевыми жилами в алюминиевой оболочке.

### **Внутренние сети**

В зависимости от типа и назначения помещений внутренние сети выполняют изолированными проводами и шнурами, кабелями, токопроводами (шинопроводами). По способу выполнения проводки внутри помещений делятся на открытые и скрытые.

К открытым относятся проводки, выполненные по поверхностям стен, потолков, по фермам и т.д. К числу их относятся проводки изолированными проводами на изоляторах, кабелями" на скобах, шинопро. Сталеалюминевые водами.

К скрытым относятся проводки внутри конструктивных элементов зданий: стен, полов, перекрытий. Различают сменяемые и несменяемые скрытые проводки. При сменяемых проводках в процессе эксплуатации провода или кабели могут быть заменены без разрушения строительных конструкций. К числу их относятся проводки в различных трубах, каналах и пустотах строительных конструкций, из которых при необходимости ' провода или кабели могут быть вытянуты или затянуты вновь.

Несменяемыми называют проводки, выполненные проводами, наглухо заделанными в теле строительных конструкций: под слоем штукатурки, по перекрытиям в конструкции полов и т. п. В случае выхода из строя такую проводку практически приходится заменять открытой.



Способы выполнения проводок определяют в зависимости от назначения помещения, особенностей строительных конструкций и технологии, удобства эксплуатации, экономики условий окружающей среды.

Скрытая прокладка проводов в наибольшей степени отвечает архитектурным и гигиеническим требованиям. Она находит преимущественное применение в общественных, административных и жилых зданиях.

При значительном количестве линий, проходящих по одной трассе, применяют прокладку проводов или кабелей в лотках, кабелей в каналах и т. п.

Широкое распространение находят токопроводы. Т о к о п р о в о д о м называют устройство состоящее из проводников со всеми относящимися к ним изоляторами и конструкциями, предназначенное для передачи электроэнергии на опорных конструкциях, в туннелях, галереях и т. п. Токопроводы выполняют голыми однопроволочными и многопроволочными проводками и стальными или алюминиевыми шинами различного профиля поперечного сечения: прямоугольного, корытного и др. Токопроводы, выполненные жесткими шинами, часто называют шинопроводами. В целях уменьшения размеров токопровода и увеличения надежности его работы иногда токопроводы низкого напряжения выполняют изолированными шинами.

Токопроводами низкого напряжения выполняют магистральные линии и распределительные сети внутри цехов промышленных предприятий. На рис. показаны простейшие конструкции трехфазных токопроводов, состоящих из голых шин 1, разъемного стального короба 2 и прокладок 3 специальной формы, служащих для изоляции шин. Зажимы 4 токопровода предназначены для присоединения ответвлений к электроприемникам. Для присоединения или отсоединения последних напряжение с шин сборки должно быть снято.

На токопроводах, устанавливают ответвительные коробки со специальными штепсельными контактами, которые позволяют отсоединять и присоединять приемники, не снимая напряжение с токопровода (но при отключенном приемнике).

Токопроводы в цехах прокладывают на кронштейнах, на поддерживающих стойках и путем подвески их на стойке и тросе (рис. 2-10, в).

Токопроводы высокого напряжения 6—20 кВ применяют для передачи значительной мощности на расстояние до 1,5—2 км. На промышленных предприятиях их применяют в качестве магистральных линий от источников питания (теплоэлектроцентрали или центральной понижающей подстанции) к цеховым подстанциям и отдельным мощным электроприемникам.

Токопроводы высокого напряжения прокладывают в закрытых галереях или туннелях (рис. 2-11, а) или в виде шинных мостов и подвесных гибких токопроводов. При больших токах токопроводы выполняют из нескольких проводов на фазу (рис. 2-11, б)

## **Наружные воздушные сети**

Воздушные линии состоят из трех основных элементов: проводов, изоляторов и опор. В последнее время изолирующие конструкции стараются сделать частью опор.

Расстояние между двумя соседними опорами называют длиной пролета или пролетом / линии. Под влиянием собственного веса провод в пролете провисает по цепной линии. Расстояние от точки подвеса провода до его нижней точки называют стрелой провеса / провода. Наименьшее расстояние от наименьшей точки провода до земли  $H$  должно обеспечивать безопасность движения людей и транспорта. Это расстояние зависит от условий местности, от напряжения линии и т. п. Для ненаселенной местности  $H = B - 7$  м, для населенной 6—8 м.

Расстояние между соседними проводами воздушной линии обеспечивает требуемый изоляционный промежуток и зависит главным образом от ее номинального напряжения.

Высота опоры  $H$  при горизонтальном расположении проводов и креплении их на штыревых изоляторах определяется размером  $k$  и максимальной стрелой провеса. При креплении проводов на Длину пролета линии обычно определяют из экономических соображений. С увеличением длины пролета резко возрастает стрела провеса, а следовательно, и высота опор, что увеличивает их стоимость. Вместе с тем с увеличением длины пролета уменьшается число опор и снижается стоимость изоляции линии (меньше изоляторов и арматуры для крепления проводов).

В линиях напряжением до 1000 В расстояние между проводами мало, изоляция линии относительно дешева, опоры просты и недороги. Поэтому для таких линий экономически целесообразны сравнительно небольшие длины пролетов 40—50 м при высоте опор 8—9 м.

В линиях напряжением свыше 1000 В экономически целесообразны большие пролеты: в линиях 110 кВ на деревянных опорах они обычно составляют 150—200 м при высоте опор с горизонтальным расположением проводов 13—14 м, для линий 220—500 кВ на металлических опорах они достигают 400—450 м при высоте опор 25—30 м.

Изоляторы воздушных линий предназначены для изоляции проводов линий от опор. Линейные изоляторы изготавливаются из фарфора и из закаленного стекла. Изоляторы разделяют на штыревые и подвесные.

Штыревые изоляторы применяют на линиях напряжением до 35 кВ включительно.

Они состоят из двух фарфоровых элементов / и 3, соединенных при помощи цементирующей замазки 2 Их крепят на стальных штырях или крюках. Штыри применяют при установке изоляторов на опорах с траверсами а крюки — при установке изоляторов на стойке опоры

Провод крепят на изоляторе при помощи вязки из мягкой отожженной проволоки того же материала, что и сам провод.

Подвесные изоляторы применяют на линиях напряжением 35 кВ и выше. Из таких изоляторов составляют гирлянды. Число изоляторов в гирлянде зависит от напряжения линии: например, для линий 35 кВ в гирлянде должно быть два-три изолятора, для линий 110 кВ шесть-семь, для линий 220 кВ 12—14 и

т. д. Каждый изолятор имеет гарантированную прочность на разрыв, которая для различных типов изменяется в пределах от 3 до 11 Т. Соответственно изменяются размеры изолятора: высота Я в пределах 155—215 мм и диаметр Б в пределах 260—350 мм.

В настоящее время изготавливают так называемые малогабаритные изоляторы из фарфора лучшего качества. Высота каждого изолятора уменьшается на 20—30 мм, что уменьшает длину гирлянды изоляторов для линий 110 кВ и выше и приводит к уменьшению высоты опор.

Подвесные стержневые изоляторы применяют на линиях 10 кВ вместо гирлянд подвесных изоляторов. Стержневые изоляторы значительно легче и дешевле гирлянд подвесных изоляторов. Недостатком их является несколько большая трудность в обеспечении необходимых механических характеристик при их изготовлении.

Конструктивное выполнение фазы линии 500 кВ с расщепленными проводами: три провода расположены по вершинам равностороннего треугольника со сторонами 40 см. Провода фазы скреплены несколькими жесткими растяжками в пролете.

Опоры воздушных линий предназначены для поддержания проводов линий на определенном расстоянии от земли, обеспечивающем безопасность людей и надежную работу линий. Их изготавливают из дерева, металла и железобетона. Основную часть опор линии составляют облегченные, так называемые промежуточные опоры с поддерживающими провода гирляндами изоляторов. Через каждые 3—5 км устанавливают более прочные анкерные опоры. Анкерные опоры устанавливают также для повышения надежности работы линии, при переходах через железные дороги, пересечении других воздушных линий и т. п.

Наиболее часто встречающиеся расположения проводов на опорах схематически. Там же указано и возможное расположение грозозащитных тросов. Расположение проводов по вершинам треугольника широко распространено на линиях до 20—35 кВ и на одноцепных линиях 110 кВ на металлических опорах. Горизонтальное расположение продлится 50 лет и более. Стоимость металлических и железобетонных опор значительно превышает стоимость деревянных опор. Выбор того или иного материала для опор обуславливается экономическими соображениями, а также наличием соответствующего материала в районе сооружения линии.

Составные промежуточные опоры с треугольным расположением проводов для линии 6 кВ и линии 35 кВ. Промежуточная составная деревянная опора с горизонтальным расположением проводов для линии 110 кВ, анкерная опора 110 кВ, выполненная из целых бревен. Различия между анкерными и промежуточными опорами. Анкерная опора более жесткая, на ней провода натягиваются. На промежуточной опоре провода только поддерживаются. Промежуточная металлическая опора для двухцепной линии 110 кВ, промежуточная металлическая опора порталного типа с горизонтальным расположением проводов для линии 220 кВ. Промежуточная двухцепная железобетонная опора линии 110 кВ.

## Кабельные сети

Кабельные линии вне зданий обычно прокладывают в траншеях. Глубина прокладки кабелей 0,7—1 м, ширина траншеи зависит от числа прокладываемых кабелей. Если вблизи трассы кабелей возможны земляные работы, то для защиты от механических повреждений поверх кабелей укладывают кирпичи или гончарные 110кВ

В больших городах при наличии усовершенствованных покрытий улиц и на крупных промышленных предприятиях кабели прокладывают в железобетонных блоках. При прокладке кабели затягивают в трубы блока, концы кабелей соединяют в специальных колодцах. При повреждении кабелей, проложенных в блоках, их заменяют без вскрытия поверхностного покрытия улиц. Основные недостатки прокладки кабелей в блоках: относительно высокая стоимость, плохие условия охлаждения.

При большом числе параллельно прокладываемых кабелей применяют прокладку в туннелях. При этом улучшаются условия эксплуатации, снижается площадь поверхности земли, необходимая для прокладки кабелей. Стоимость туннелей очень высока.

Отдельные участки кабелей соединяют при помощи соединительных муфт. При этом концы жил кабелей заделывают в соединительные зажимы и изолируют лентами кабельной бумаги. Поверх соединения надевают свинцовую муфту, концы которой припаивают к свинцовой оболочке кабелей. Через специальные отверстия муфту заполняют кабельной массой, после чего отверстия запаивают.

Применяют и другие конструкции соединительных муфт. Хорошо себя зарекомендовали соединительные муфты из эпоксидного компаунда, который заливают во временную форму, устранимую после его отвердения.

На концах кабелей применяют концевые муфты. Внутри помещений для кабелей на напряжение 10 кВ и ниже применяют концевые воронки из стали, которые заливают кабельной массой. Есть так называемая «сухая разделка» кабеля) и концевая разделка из эпоксидного компаунда.

Кабельные линии 110—220 кВ снабжаются специальной арматурой для обеспечения избыточного давления и др.

Кабельные линии значительно сложнее и дороже воздушных. Они применяются в тех случаях, когда применение воздушных линий недопустимо по каким-либо условиям (в центральных районах городов, вблизи аэродромов, на территории промышленных предприятий и т.д.).

Представим провод, закрепленный в двух точках, расположенных на одинаковой высоте. Расстояние между ними по горизонтали наз. пролетом, а наибольшее отклонение от горизонтали - стрелой провеса.

Выделим часть провода от низшей точки  $O$  до произвольной точки  $A$  и рассмотрим условие равновесия этой части. Обозначим нагрузку от собственной массы и внешних воздействий ветра и гололеда на единицу длины через

При работе провода пролете наибольшее напряжение на растяжение в нем может наступить при одном из двух условий : при наиб. уд. нагрузке или при низшей температуре в данной местности. В последнем случае увеличение натяжения провода происходит за счет сокращения его длины.

Т.к. наиб. добавочная нагрузка от гололеда и ветра наступает при  $-5$  , т.е. несовпадает по времени с наименьшая. Сталеалюминевые ей температурой  $-40$  , то при расчете проводов необходимо выяснить , какой из этих случаев будет наиболее тяжелым для провода в данном случае.

Для выяснения поставленного вопроса проанализируем уравнение состояния провода в отношении зависимости напряжений от величины пролета .

Наиб. стрелу провеса провод имеет или при макс. доб. нагрузке от гололеда и ветра при температуре  $-5$ о, когда провод удлиняется от мех. сил или при наивысшей температуре окружающего воздуха, принимаемой равной  $+40$ о, когда провод удлиняется от теплового расширения металла. Чтобы узнать в каком из двух случаев провод имеет наиб. стрелу провеса вводится понятие критической температуры.

Кривич. температурой наз. такая температура провода несущего нагрузку только от собственной массы, при которой провод имеет стрелу провеса такую же, какую он имеет и при наиб. вертикальной нагрузке.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛИ (УЧЕБНЫЕ  
ПОСОБИЯ)**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

Доц.Шайматов Б.Х.,  
Ст.преп. Холмурадов М.Б.

Методическое пособие к выполнению лабораторных работы по курсу:  
«Электрические сети и системы » Доц.Шайматов Б.Х.,Ст.преп.Холмурадов  
М.Б.. Навои: НГГИ, 2017.

Методические пособие предназначены для выполнения лабораторных работы по курсу «Электрические сети и системы». Студенты, выполняющие лабораторных работы изучают существующих видов элементов электроэнергетики, электрические сети и систем, а также конструктивное исполнение воздушных линий, указанных в описаниях. В указаниях предложена теоретическая часть для выполнения лабораторных работы, а также показано их решение. В том числе в указаниях дано паспортные данные элементов электрических сетей и системы. Данные методические указания рекомендованы для студентов обучающихся по направлению 5310200 «Электроэнергетика».

Кафедра «Электроэнергетика»

Методическое пособие обсуждено на заседании кафедры «Электроэнергетика» Протокол № 1от 05.03.17 г. а также рассмотрено учебно-методическим советом ЭМФ и рекомендовано к печати решением Учебно-методического совета НГГИ.

Рецензенты: Х.Х.Эшев

Эшмуродов З.О

Ведущие инженер Навоийкий  
тепловой электрических станции  
Доцент кафедры «Автоматизации и  
управления » НГГИ

## Предисловие

Методические пособия предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Электрические сети и системы». То есть, в соответствии учебным планом возникающие сложные задачи в области электрических сетей и системы, отвечая, на эти вопросы в виде выполнения лабораторных работ помогает каждому студенту еще больше расширить свой кругозор. А также, отвечая на научно-технические вопросы; сталкиваясь с новыми идеями в электрических сетях и системах. В энергетической программе Узбекистана сформулированы важнейшие задачи развития промышленности путём интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического процесса.

В области электрических сетей и систем предусматривается повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональной эксплуатации высоконадёжного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при её передаче, распределении и потреблении.

Развитие и усложнение структуры электрических сетей и систем, возрастающие требования к экономичности и надёжности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии на базе современной вычислительной техники ставит проблему подготовки высококвалифицированных специалистов.

Изучение и рассмотрение вопросов электрических сетей в системах электроснабжения. Развитие системы электроснабжения в Узбекистане. Общая система электроснабжения, место систем электроснабжения. Свойства электроснабжения в промышленных предприятиях.

Изучение выбора рационального напряжения, мощности и количество силовых трансформаторов. Выбор цеховых трансформаторов, распределительных устройств, компенсация реактивной мощностей, автоматизация и диспетчеризация, а также экономика электроэнергии. Решением их может быть использование литературы, которая помогает каждому студенту.

Лабораторные работы выполняются на базе филиала кафедры НЭТ, а также рассмотрено в № 5-подстанции НГМК участках систем электроснабжения промышленных предприятий. Для выполнения работы позволяет получить студентам представления о распределении мощности в разветвлённых электрических сетях, определение мощностей сложно-замкнутых электрических сетей, изучение нормальных режимов работы электрических сетей, изучение статического режима работы замкнутых сетей на напряжения 110/220 кВ.

Каждый будущий бакалавр-энергетик, который получил своё теоретическое знание, должен осуществить его на практике, и вместе с этим создаются условия для усвоения предмета «Электрические сети и системы».

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ.



**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Ознакомление с основными элементами воздушных линий прикрепленных на стенде.

Основными элементами ВЛ являются провода, изоляторы, линейная арматура, опоры и фундаменты.

## I. ПРОВОДА.

На ВЛ предпочитается голые (неизолированные) провода состоящие из одной или нескольких проволок. Провода из одной проволоки, называемые однопроволочными, имеют меньшую прочность и применяются как правило, на низких напряжениях до 1000 В. Многопроволочные провода состоящие из нескольких проволок используют на линиях всех напряжений.

Однопроволочные провода.

Согласно ПУЭ на линиях напряжением до 100В. Допускается применение однопроволочных стальных проводов диаметром не менее 1 мм., не более 5 мм. ВЛ отведенная от линий ввода к зданиям допускается применение проводов диаметром 3мм. Ограничение минимального диаметра обусловлено тем, что провода меньшего диаметра имеют недостаточную прочность. Но большие диаметры ограничены из-за того, что изгибы оцентровочного провода большего диаметра могут вызвать в его слоях такие остаточные деформации, которые приводят к существенному снижению его прочности.

Многопроволочные провода

Скругленные из нескольких проволок эти провода обладают большой гибкостью: они могут быть выполнены любого необходимого сечения. Диаметры стальных проволок и их число подбирают так, чтобы сумма пересеченных сечений отдельных проволок дала требуемое общее сечение провода.

Как правило многопроволочные провода изготавливаются из круглых проволок, поочередно помещаются одна, две, три или четыре проволоки одинакового диаметра.

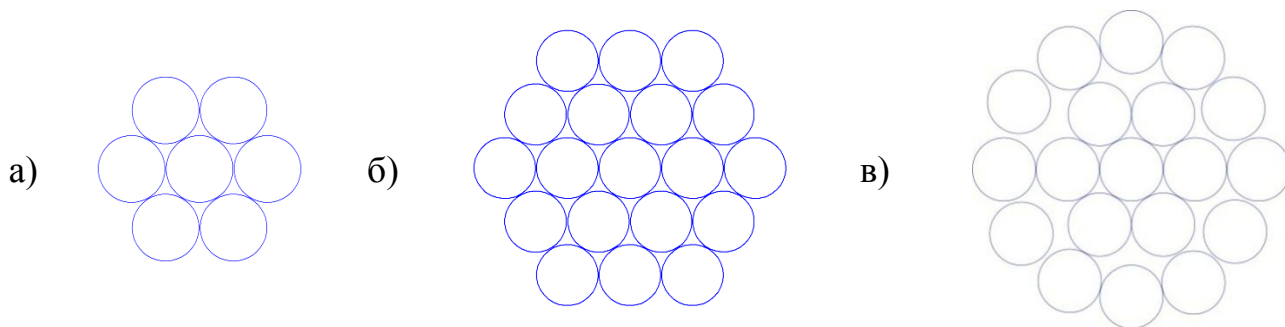


Рис. I-I. Многопроволочные провода

Наиболее распространены конструкции с одной центральной проволокой (рис. I-I, а.): провода с тремя свитыми вместе центральными проволоками (рис. I-I, а.): применяются в случаях когда желательно увеличить диаметр провода.

На центральную проволоку(или проволоки) навивается один или несколько концентрических повивав (слоев) проволок в зависимости от требуемого сечения провода.

После скрутки каждая проволока, кроме одной центральной располагается по винтовой линии.

Для придания проводу круглой формы и для предотвращения его раскручивания смежные повивы скручиваются в противоположных направлениях причем наружному повиву дают правое направление.

Для всех проводов приняты условные обозначения, состоящие из буквенной и цифровой части; буквы указывают материал проводя (А-алюминиевый, АС-сталеалюминевый). Добавляемые к этим обозначениям буквы КП показывает что межпроволочное пространство

Всего провода за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой, защищающей провод от коррозии. Таким образом, марка АКП означает алюминиевый провод повышенной коррозиостойкости.

Сталеалюминевые провода выпускаются также марки АСКС- с заполнением смазкой межпроволочного пространства стального сердечника и марки АСК - с изоляцией стального сердечника двумя лентами из полиэтиленовой пленки Эти проводя имеют также Повышенную стойкость против коррозии, но в меньшей степени чем провода АСКП.

После буквенных обозначений. материала и конструкции провода указывается номинальное поперечное сечение токоведущей части.

Отношения сечения в алюминиевой и стальной частей провода(стальной сердечник служит для увеличения механической прочности провода) обозначается дробной частью марки, числитель который показывает сечение алюминиевой части, а знаменатель – сечение стального сердечника(с округлением) в мм<sup>2</sup>.

Так Например АС 1 БО/24 обозначает – сталеалюминевый провод с сечением алюминиевой части 149 мм<sup>2</sup> и стального сердечника 24,2 мм<sup>2</sup>.

Сталеалюминевые провода всех марок выпускаются с разным соотношением площади поперечного сечения алюминиевой части к стальной: в проводах 6,0 – 6,6 – для работы провода в средних по механической нагрузке условиях; 4,29 – 4,39 – усиленной прочности; 0,65 – 1,16 – особо усиленной прочности; 7,71 – 8,13 – облегченной конструкции

## II. ИЗОЛЯТОРЫ

Изоляторы относятся к ответственным элементам воздушных линий.

В отличии от изоляторов, применяемых в других электроустановках, например, в электрических аппаратах, изоляторы воздушных линий называются линейными.

Изоляционным материалом изоляторов является фарфор или закаленное стекло. Линейные изоляторы подразделяются на две основные группы:

а) Штыревые, закрепляемые на опорах с помощью штырей и крючьев; в СССР изоляторы этого типа применяются на линиях низкого напряжения - до 1000 В, а также на высоковольтных линиях напряжением 35 кВ включительно;

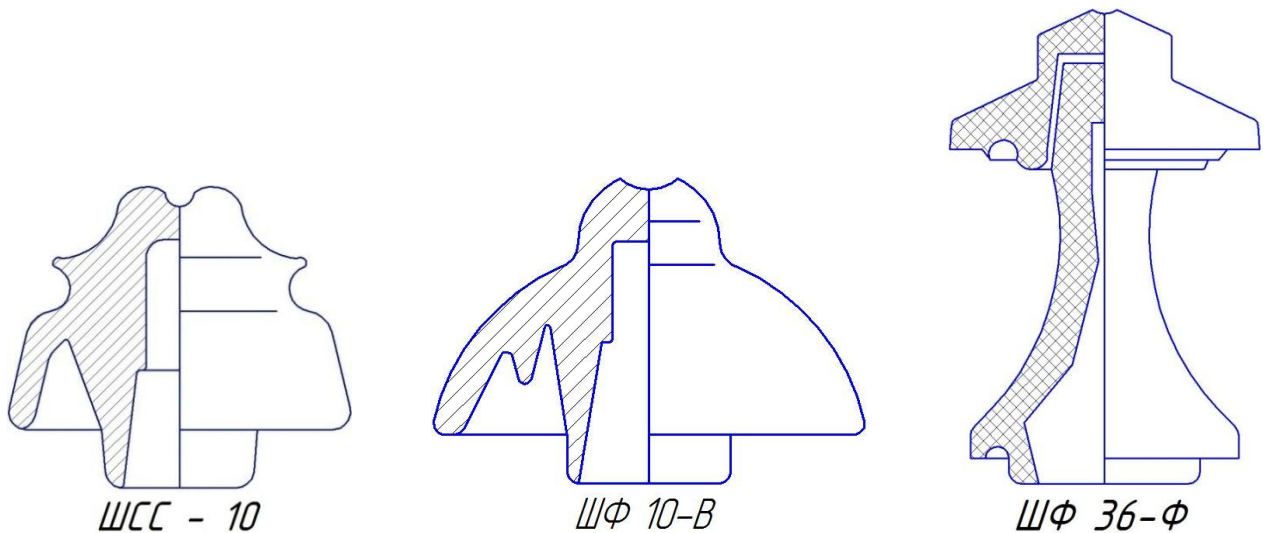


Рис. 2-1, Штыревые изоляторы

б) подвесные, закрепляемые на опорах с помощью линейной арматуры; они соединяются в гирлянды, состоящие обычно из нескольких сцепленных друг с другом элементов. Подвесные изоляторы применяются на линиях напряжением 35 кВ и выше, а в отдельных случаях - и на линиях более низких напряжений.

Низковольтные штыревые изоляторы имеют наиболее простую форму. У высоковольтных штыревых изоляторов на 6 и 10 кВ развиты конструкции "юбок" (рис.2-1,а-б). Изоляторы на 20 и 35-кВ состоят из нескольких склеенных элементов (рис.2-1, в).

На линиях 6-20 кВ штыревые изоляторы крепятся к опоре на крюках (рис.2-2) из круглой стали.

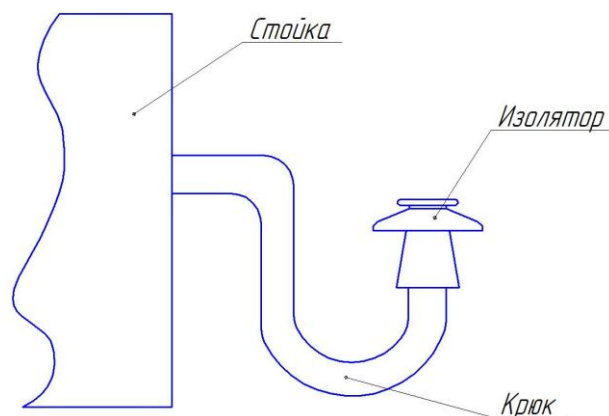


Рис. 2-2

Конец крюка, имеющий резьбу, ввертывается в столб. На второй конец с насечкой насаживается изолятор.

Штыревые изоляторы линий 35 кВ и линий 6-20 кВ с крупными сечениями проводов насаживаются на штыри.

Штыревые изоляторы крепятся на крюках или штырях при помощи пакли, смоченной разведенным на олифе суриком. Высоковольтные штыревые изоляторы обозначаются шифром, состоящим из буквенной и цифровой частей. Буквенная часть – наименование изолятора (например, ЩФ - штыревой фарфоровый), цифра - класс изолятора (напряжение линии), буквы А,Б,В после цифр исполнение изолятора.

Подвесные изоляторы (рис.2-3) состоят из фарфоровой или стеклянной изолирующей части и металлических деталей - шапок и стержней, соединяемых с изолирующей частью посредством цементной связки. В СССР применяются тарельчатые изоляторы различных типов.

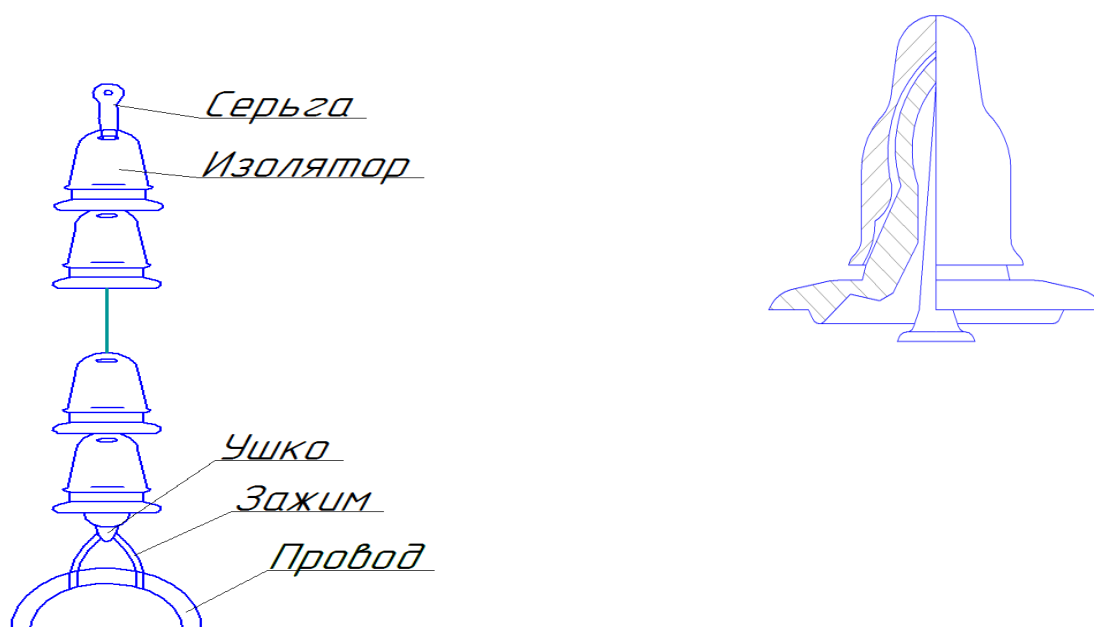


Рис. 2-3 Подвесной изолятор

Подвесные изоляторы собираются в поддерживающие провод гирлянды на промежуточных опорах, а натяжные гирлянды – на анкерных и других опорах.

Число изоляторов в гирлянде зависит от напряжения линии, степени загрязненности атмосферы, материала спор и типа изоляторов.

В подвесных гирляндах провод только поддерживается с помощью зажимов (Рис. 2-4) в натяжных - закрепляется наглухо.

Натяжные гирлянды находятся в более тяжелых условиях, чем поддерживающие. Поэтому на линиях до 110 кВ (при относительно небольшом числе изоляторов) число изоляторов в натяжных гирляндах принимают на один больше.

### III. ЛИНЕЙНАЯ АРМАТУРА

Линейную арматуру применяют при закреплении проводов в гирляндах подвесных изоляторов, можно подразделить по назначению на пять основных видов:

1. Зажимы служащие для закрепления проводов и тросов, подразделяемые на поддерживающие на промежуточных опорах, и натяжные, применяемые на опорах анкерного типа.

2. Сцепная арматура (скобы, серьги, ушки, коромысла), служащая для соединения зажимов с изоляторами, подвески гирлянд но на опорах и соединения низкоцепных гирлянд друг с другом.

3. Защитная арматура (кольца) монтируемая на гирляндах линий напряжением 330 кВ и выше, предназначенная для более равномерного распределения напряжения между отдельными изоляторами гирлянды и для защиты от повреждения дугой при перекрытиях

4. Соединительная арматура, служащая для соединения проводов и тросов в пролете, а также для соединения ПРОВОДОВ в шлейфах на опорах анкерного типа.

5. Распорки, применяемые для соединения друг с другом проводов расширительной фазы.

Поддерживающие зажимы (рис.3-1.) состоят из лодочки, в которую укладывается провод, плашек и болтов (или болта) для закрепления провода в лодочке, пружин, цапф или кронштейнов для крепления зажима к гирлянде. По прочности закрепления поддерживающие зажимы подразделяется на четыре основных типа.

1. Глухие зажимы, в которых прочность заделки достигнет 30- 90% прочности алюминиевых проводов, 20-30% прочности сталеалюминевых проводов и 10-15% прочности стальных проводов. При такой заделке провод и трос в случае обрыва в одном из пролетов, как правило, не вытягивается из зажима и втяжение провода или троса, оставшегося необорванным, передается на промежуточную опору. Другие зажимы являются основным типом зажимов, применяемых в настоящее время на ВЛ в СССР и за рубежом

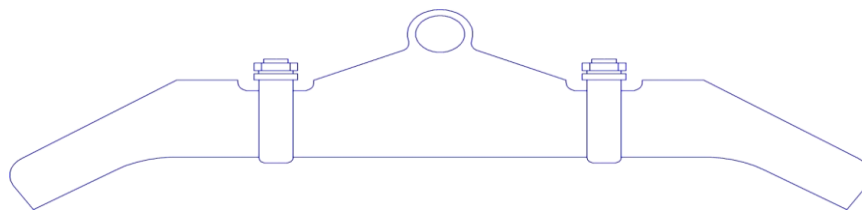


Рис. 3-1. Глухой поддерживающий зажим

2 Вы недавние зажимы (называемые также выпускающими выбрасывающие лодочку с проводом при отклонении поддерживающей гирлянды на определенный угол (около  $40^0$ ) в случае обрыва в одном из проводов.

В настоящее время выпадающие зажимы не применяются.

3. Зажимы с ограниченной прочностью заделки, имеющие прочность заделки провода 600-800 да Н. Зажим этого типа применяется на воздушных линиях 500 кВ., отличаются от выпадающих зажимов тем, что при превышении прочности заделки провод протягивается (проскальзывает) в зажиме, но не выбрасывается вместе с лодочкой на землю. Обоснованием для применения зажимов этого типа является уменьшение продольных нагрузок на промежуточную опору при обрыве проводов расщепленной фазы. Однако опыт эксплуатации линии 500 кВ. с зажимами ограниченной прочности заделки не вполне удовлетворителен: наблюдаются повреждения отдельных проводов фазы при обрывах и протягивании через зажим, в то время как случаи одновременного обрыва всех проводов расщепленной фазы исключительно редки. Поэтому в новой редакции ПУЭ нормативные нагрузки на промежуточные опоры по аварийному режиму при подвеске проводов в глухих зажимах снижены до значений, близких к нагрузкам на линиях 500 кВ с зажимами ограниченной прочности заделки. Согласно решения Минэнерго на всех основных промежуточных опорах воздушных линий 500 кВ допускается подвеска в глухих зажимах.

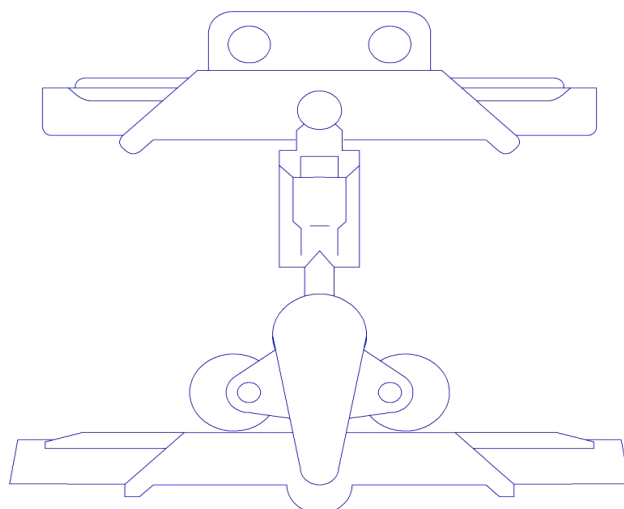


Рис. 3-2. Поддерживающий зажим с ограниченной прочностью заделки

4. Многороликовые подвесы, по существу, не являющиеся зажимами, так как провод может свободно перекатываться по роликам разности тяжений в смежных пролетах. Многороликовые подвесы применяются для крепления проводов с сечением, равным или больше  $300 \text{ мм}^2$  и тросов на промежуточных опорах больших переходов. При этом защита сталеалюминевых проводов обеспечивается специальными гибкими муфтами, насаживаемыми на провода в участках их возможных перемещений.

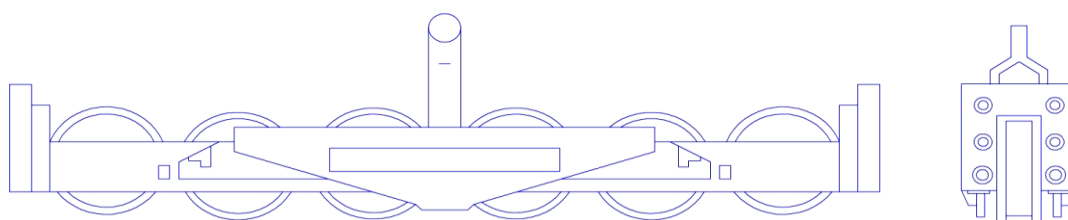


Рис. 3-3. Многороликовый подвес для больших переходов

Натяжные зажимы подразделяются на три основных типа:

1. Болтовые натяжные зажимы, применяемые для монтажа проводов сечением 3-300 мм<sup>2</sup>

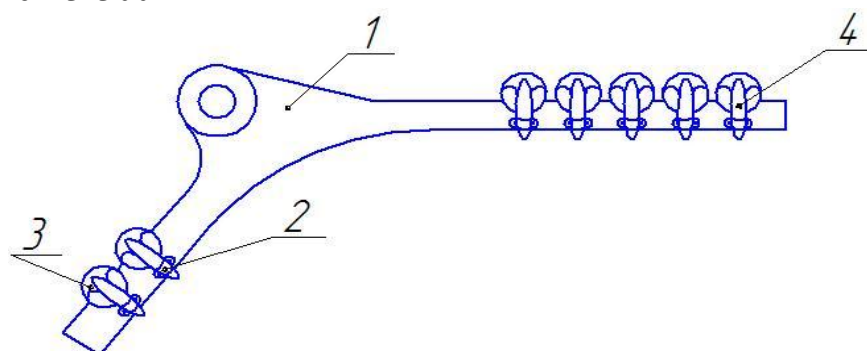


Рис. 3-4. Болтовой натяжной зажим

Они состоят из корпуса 1, плашек 4, натяжных болтов с гайками 2 и прокладок 3 из алюминия

2. Прессуемые натяжные зажимы применяемые для монтажа сталеалюминевых проводов сечением 300 мм<sup>2</sup> и более.

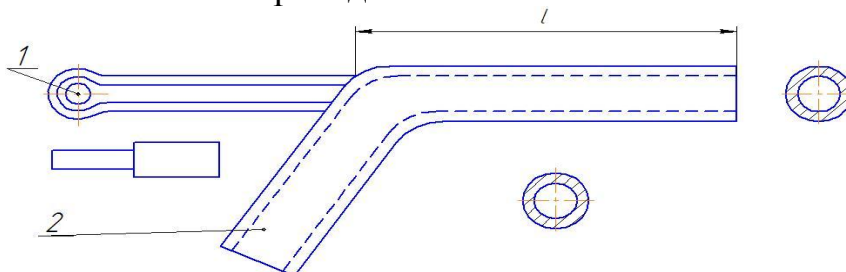


Рис. 3-5. Прессуемый натяжной зажим

Они состоят из стального анкера, в котором на длине впрессовывается сердечник провода, и алюминиевого корпуса 2, в котором на длине  $l$  впрессовывается алюминиевая часть провода со стороны пролета, а на длине  $l$  – шлейф.

3. Клиновые натяжные зажимы применяемые для подвески тросов. Они состоят из корпуса 1 и двойного клина 2. при тяжении троса клин прижимает трос к корпусу, что обеспечивает надежную заделку.

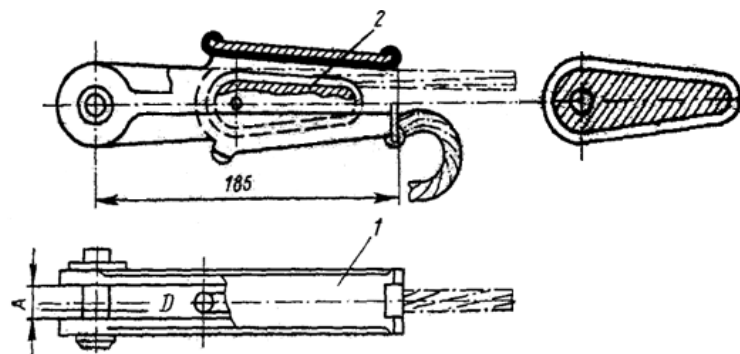
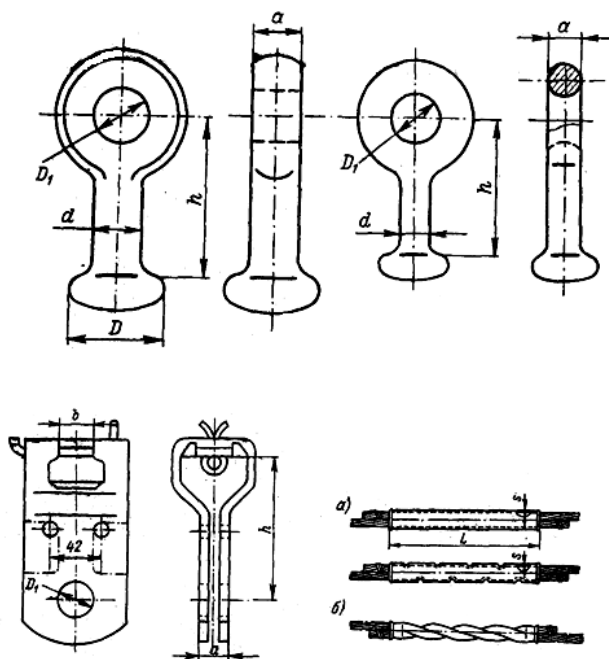


Рис. 3-6. Клиновое натяжное устройство

Сцепная арматура подразделяется на скобы, служащие для присоединения гирлянды к опоре или закрепляемым на опоре деталям; серьги, соединяемые с одной стороны со скобами или с деталями на опоре, а с другой стороны – с шапками изоляторов; ушки, служащие для сопряжения стержней изоляторов с зажимами или другими деталями гирлянды со стороны провода.

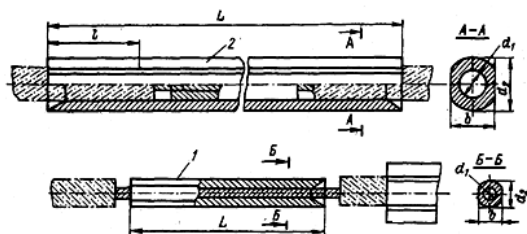


Защитная арматура может быть выполнена в виде рогов или колец.

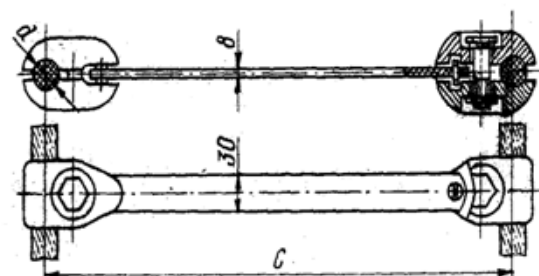
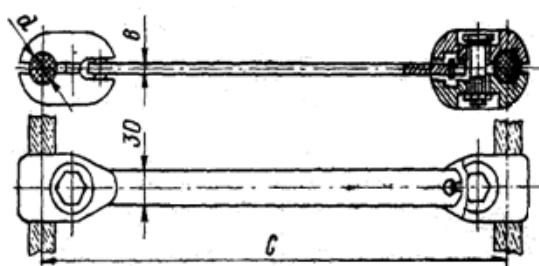
Соединители, предназначенные для соединения проводов и тросов, подразделяются на основные и прессуемые.

Овальные соединители применяются для проводов сечением до  $185 \text{ мм}^2$  включительно. В них провода укладываются внахлестку, после чего производится обжатие с помощью специальных клещей. Сталеалюминевые провода сечением до  $95 \text{ мм}^2$  включительно закрепляются в соединителях методом скручивания.

Прессуемые соединители используют для соединения проводов



сечением более  $185 \text{ мм}^2$  и для стальных тросов всех сечений. Прессуемый соединитель для сталеалюминевых проводов состоит из стальной трубки фасонного профиля 1, прессуемой на стальной сердечник, и





алюминиевой трубки 2, прессуемой на алюминиевую часть провода.

Распорки устанавливаемые на проводах для расширительной фазы для обеспечения требуемого расстояния  $S$  между проводами, состоят из двух пар плашек, закрепляемых на проводах болтами и жесткой тяги, шарнирно соединенной с плашками.

**Контрольные вопросы.**

1. Для чего в сталеалюминевых проводах применяется стальной сердечник?
2. От чего зависит число изоляторов в гирлянде?
3. Что такое расщепление проводов?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 РАСЧЕТ НОМЕНАЛЬНОГО РЕЖИМА НА СТАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** освоение расчета режимов электрических систем на статической модели переменного тока.

**ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ:** для заданного варианта исходных данных для схемы районной электрической сети провести расчет нормального режима на модели.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

#### I. Предварительная подготовка

##### а) Выбор масштабных коэффициентов.

Величина напряжений генераторной станции не должна превышать максимального возможного напряжения данной модели (300В). Величина тока в любом из сопротивлений не должна превышать максимально допустимого значения для модели (0,5А). Дробных коэффициентов следует избегать, принимая для них значения, удобные для умножения.

Для исследуемой сети с  $U_{ном} = 220$  кВ удобно выбирать следующие коэффициенты:

по  $Z$  : 1 Ом модели = 1 Ом системы;

по  $U$  : 1 В модели = кВ модели.

Рассчитывая следующие масштабные коэффициенты:

по  $I$  : 1 А модели = 4 кА системы,

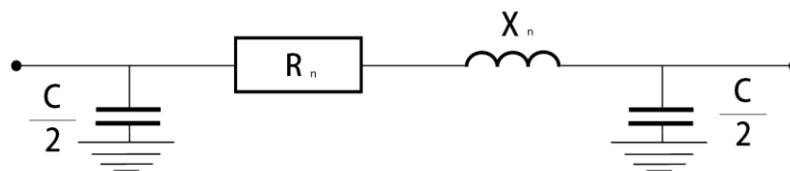
по  $S$  : 1 ВА модели = 16 МВА системы.

Таким образом, напряжение в модельных единицах:  $U_{ном} =$

б) Составление эквивалентной схемы замещения и расчет параметров в модельных единицах.

Подготовка исходных данных заключается прежде всего в определении параметров всех элементов рассчитываемой системы: линий, трансформаторов, нагрузок. На основании этих данных составляется схема замещения сети.

Схема замещения ЛЭП представляется П-образной схемой замещения:



Определение параметров схемы замещения линии электропередачи осуществляется на основании сведений о нормальном напряжении, Числе цепей, длине и марки провода. По этим данным вычисляются активные и индуктивные сопротивления и зарядная мощность ЛЭП. При пересчете параметров ЛЭП в модельные единицы:

$$R_{л} = r_0 l - 0.05 X_n \text{ (ом)}.$$

$$X_n = x_0 l \quad (\text{ом}).$$

$$C = \frac{q_0 l \cdot 10^6}{55^2 \cdot 2\pi \cdot 196 \cdot 16}$$

где  $g_0$ ,  $x_0$ ,  $q_0$  – удельные параметры для заданного сечения;

196 – частота модели, Гц;

$L$  – длина ЛЭП, км;

55 – напряжение модели, В;

Длина  $2^x$  цепной ЛЭП:

$$R_{2n} = \frac{R_n}{2}, \quad X_{2n} = \frac{X_n}{2} \quad C = 2C$$

Схема замещения трансформаторов представляется упрощенно:



где  $X_T$  – индуктивное сопротивление для заданного типа трансформатора.

Для двух трансформаторов:  $X_{2m} = \frac{X_m}{2}$

Нагрузки подстанций задаются активной и реактивными мощностями:

$$P = S \cdot \cos\varphi \quad (\text{МВт}), \quad Q = S \cdot \sin\varphi \quad (\text{МВар})$$

При наборе модели:

$$P_{\text{мод}} = \frac{P}{16} \quad (\text{Вт}), \quad Q_{\text{мод}} = \frac{Q}{16} \quad (\text{Вар})$$

Рассчитанные параметры нанести на эквивалентную схему замещения сети.

## II. РАБОТА В ЛАБОРАТОРИИ

Сборка схемы не модели производится на основании составленной расчетной схемы. Для ускорения работы сборку обычно ведут два студента: один диктует, второй непосредственно выполнит ее. После набора нагрузок, сопротивлений линейных и трансформаторных элементов, емкостных величин схема проверяется преподавателем. Затем включается питание модели и устанавливается заданное напряжение на шинах генераторов.

Установка нормального режима ведется методом последовательных приближений. При заданном напряжении на шинах генераторной станции устанавливаются заданные значения мощностей нагрузочных элементов. Затем производят замеры мощностей и напряжений, при этом следует обратить внимание на соблюдение баланса активных и реактивных мощностей в узловых точках схемы.

## III. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

1. Заданная схема, исходные данные варианта.
2. Эквивалентная схема замещения с параметрами и замерами в модельных единицах.
3. Схема замещения с пересчетом в системные единицы.

Параметры режима, установленного на модели, пересчитываются по масштабным коэффициентам в оригинал, и полученные данные наносятся на схему нормального режима сети. Перерасчет зарядной мощности в оригинал с масштаба модели производится по следующей формуле:

$$Q = \frac{C_{\text{мод}} \cdot U_{\text{мод}}^2 \cdot \omega}{10^6} \cdot 16 \text{ (МВар)}$$

где  $C_{\text{мод}}$  - величина емкости, набираемая на модели. мкФ;  
 $U_{\text{мод}}$  – напряжение на шинах, В.

#### IV. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Схемы замещения ЛЭП и трансформаторов.
2. Как представляются нагрузочные элементы на модели?
3. Как определяются потери мощности и напряжения в электрических сетях?

#### V. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Описание статической модели переменного тока. Статическая модель переменного тока позволяет моделировать электрическую схему энергетической системы и предназначена для расчетов нормальных и аварийных режимов в энергосистемах, дает возможность определить потокораспределение и напряжение в электрических системах, выполнять расчеты статической и динамической устойчивости, определить токи короткого замыкания.

Модель электрической системы состоит из линейных, трансформаторных и емкостных элементов, предназначенных для имитации линий электропередач, трансформаторов и реакторов энергосистемы, нагрузочных элементов.

Все элементы могут быть соединены между собой в соответствии со схемой исследуемой сети. С помощью измерительных приборов в любой точке набранной схемы могут быть измерены: ток, напряжение, активная и реактивная мощности, соответствующие в принятом масштаба этим величинам и реальной сети.

Частота модели 196 Гц:

Генераторные станции выполнены по трансформаторной схеме, дают возможность точной регулировки величины ЭДС и ее фазового угла, а также реактивности генератора.

Модель имеет два комплекта индуктивных сопротивлений и систему трансформаторной фазы и напряжения переключателей, позволяющих изменять фазу ЭДС генераторной станции на  $360^\circ$  степенями по 0,2 и по  $10^\circ$ , а ее величину от 0 до 300 В степенями по 0,2; 5 и по 50 В.

Максимальное напряжение, которое может быть установлено на генераторной станции 300В. Максимальный длительно допустимый ток – 0,5А.

Половина всех линейных элементов выполняется по П-образной схеме замещения, а половина - в виде последовательно соединенных регулируемых активного и индуктивного сопротивлений. Линейные элементы рассчитаны на ток, не превышающий 0,3 А, и на падение напряжения на сопротивлениях – 50В.

Нагрузочные элементы представляют собой регулируемые активные и индуктивные сопротивления, которые могут включаться последовательно и параллельно. Нагрузке также может быть набрана величинами активной и реактивной мощностей.

Емкостные элементы располагаются конструктивно вместе со сдвоенными трансформаторными элементами и предназначены для имитации продольной компенсации линий электропередач.

Разделительные трансформаторы предназначены для анализа на моделях сложных видов повреждений (к.я. в двух точках, обрыв и т. Д.).

Коммутационные панели предназначены для сборки исследуемой схемы и производства измерений в отдельных точках.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДАЛЬНИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследование различных режимов работы дальних ЛЭП на статической модели переменного тока.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

##### I. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА.

Исследование проведем на конкретном примере: для линии электропередачи напряжением  $U = 500\text{кВ}$  длиной  $1000\text{км}$ , выполненной проводом АС - 3х500.

Удельные параметры ЛЭП:

$$r_0 = 0,022 \text{ Ом/км}, x_0 = 0,2996 \text{ Ом/км}, b_0 = 3,84 \cdot 10^{-6}$$

Коэффициент фазы:

$$\delta_0 = \arctan \frac{x_0}{r_0} = \arctan \frac{0,2996}{0,022} = 1,065 \cdot 10^3 \quad \text{рад/км.}$$

Волновое сопротивление:

$$z_b = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} = 278 \text{ Ом.}$$

Представим линию длиной  $1000 \text{ км}$  цепью с распределенными параметрами, т.е. цепочной схемой замещения. Модель линии соберем из участков по  $100\text{км}$  каждый.

$$X_{л(100)} = j z_b \sin \delta_0 l = j 278 \cdot 0,11 = j 29,19 \text{ см.}$$

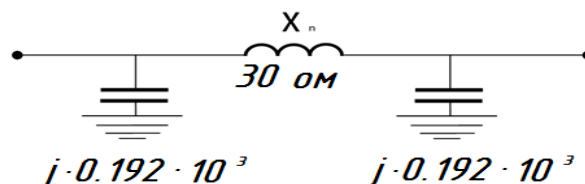
$$Y_{л(100)} = j \frac{b_0 l}{2} = j \frac{3,84 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2} = j 0,192 \cdot 10^{-3} \text{ см.}$$

По упрощенным формулам:

$$X_{л(100)} = x_0 l = 0,296 \cdot 100 \approx 30 \text{ см.}$$

$$Y_{л(100)} = \frac{b_0 l}{2} = \frac{3,84 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{2} = 0,192 \cdot 10^{-3} \text{ см.}$$

Тогда П – образная схема замещения для  $100\text{км}$ .



Примем масштаб для модели:

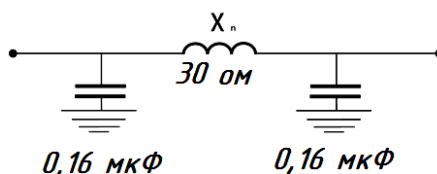
По U: 1 В модели = 10 кВ системы  
 По I: 1 А модели = 10 кА системы  
 По Z: 1 Ом модели = 1 Ом системы  
 По S: 1 ВА модели = 100 ВА системы

Проводимость линии представим емкостью:

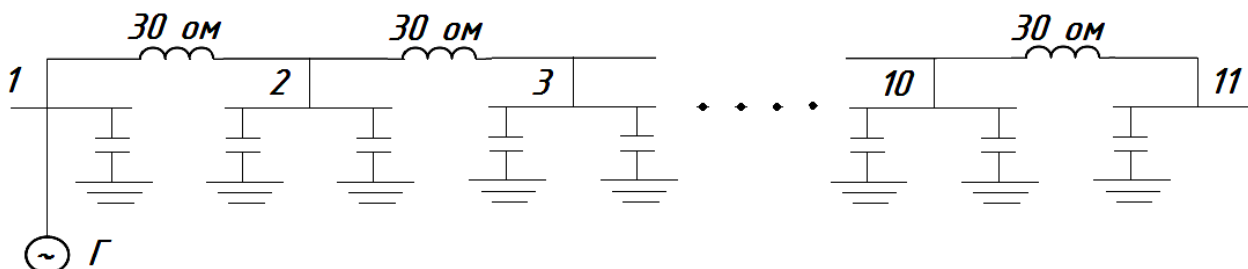
$$C = \frac{b}{\omega} = \frac{0.192 \cdot 10^3}{1230} = 0.16 \text{ мкФ}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 196 = 1230;$$

Участок линии длиной 100 км для набора на модели:



Для линии длиной 1000 км схема замещения:



## II. РАБОТА В ЛАБОРАТОРИИ.

- 1) Опыт холостого хода.
- 2) На шины подключаем генератор, в котором устанавливаем  $U = 50\text{В}$ .
- 3) С помощью измерительного шунта пройти через каждые 100 км линии, произвести замеры напряженности. Замерить мощность  $P$  и  $Q$  на генераторе в конце ЛЭП. Результат опыта внести в таблицу 1.

№ <sub>шин</sub>											
l, км.	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$U_{\text{мод}}$											
$U_{\text{сист}}$											

Мощность на генераторе:

$$P_{\Gamma. \text{ мод}} =$$

$$P_{\Gamma. \text{ сис}} =$$

$$Q_{\Gamma. \text{ мод}} =$$

$$Q_{\Gamma. \text{ сис}} =$$

Мощность на конце ЛЭП:

$$P_{К. мод} =$$

$$Q_{К. мод} =$$

$$P_{К. сис} =$$

$$Q_{К. сис} =$$

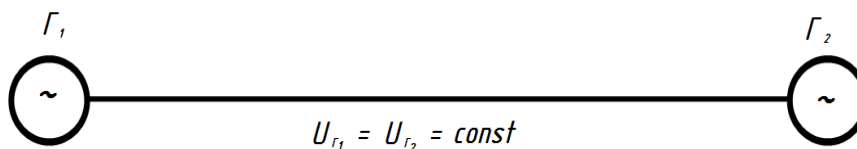
#### 4) Опыт короткого замыкания

Собранную на модели линию замкнуть на землю в конце. Пройти через 100 км линии, произвести замеры напряжения, мощностей на генераторе и в конце ЛЭП. Результаты опыта внести в таблицу (для каждого опыта своя таблица).

#### 5) Нагрузочные режимы

Исследовать распределение напряжения в линии при фиксированном напряжении в начале и с нагрузкой в конце ЛЭП.

- а) Подключить в конце линии нагрузочный элемент с величиной активного сопротивления  $R_n - Z_b$  ( $Z_b$  было определено раньше). Замерить напряжения вдоль ЛЭП через каждые 100 км,  $P$  и  $Q$  на генераторе и в конце ЛЭП. Данные внести в таблицу.
- б) то же, при  $R_n < Z_b$
- в) то же, при  $R_n > Z_b$ .
- 4) Исследование распределения напряжения вдоль линии при фиксированных напряжениях по концам линии и передаче по ЛЭП активных мощностей.



а) холостой хол

Указатель фазы у обоих генераторов установить в нулевом положении.

Замерить напряжение вдоль ЛЭП через каждые 100 км.,  $P$  и  $Q$  по концам схемы, данные внести в таблицу.

б) регулируем фазы у генератора 1 установить мощность

$$P_n = P_{\text{нот}} \quad \text{где} \quad P_{\text{нот}} = \frac{U^2}{Z_b} = \frac{500^2}{278} = 200 \text{ МВт.}$$

Замкнуть напряжения  $P$  и  $Q$  на генераторных станциях и вычислить  $\cos \gamma$ .

в) то же, при  $P < Q$

г) то же, при  $P > Q$ .

III. Порядок оформления отчета.

По результатам всех опытов заполнить таблицы и построить зависимости

$$U \sim f(x)$$



## ЛАБОРАТОРНАЯ №4 ИССЛЕДОВАНИЕ ХОЛОСТОГО ХОДА ДАЛЬНИХ ЛЭП.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследование закона распределения напряжения при холостом ходе в дальних ЛЭП на статической модели переменного тока.

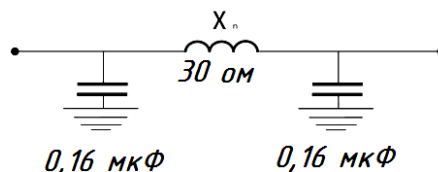
### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

#### I. Предварительная подготовка.

Линия выполнена проводом АС-3х500 с удельными параметрами:

$$r_0 = 0,022 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,296 \text{ Ом/км}, \quad b_0 = 3,84 \cdot 10^{-6}$$

Представим ЛЭП длиной 3000 км из 30 участков по 100 км. Каждый П-образная схема замещения для 100 км.



$X_0, C$  определены в предыдущей работе.

#### II. Работа в лаборатории.

1. На коммутаторной панели выделить из линии длиной 3000 км последовательно участки 1200, 1300, 2000, 2500, 3000 км.

2. Включить питание модели, подключить генераторную станцию на шины, установить требуемое напряжение в начале ЛЭП.

3. С помощью измерительного шунта для линии разной длины пройти через каждые 100 км, замерить напряжения и данные занести в таблицу.

ЛЭП  $l=3000$  км.

№ <sub>шин</sub>											
l, км.	0	100	200	...	...	1500	1600	...	...	2900	3000
$U_{\text{мод}}$											
$U_{\text{сист}}$											

Для ЛЭП  $l=1200, 1300, 2000, 2500$  км составляются аналогичные таблицы.

#### III. Порядок оформления отчета.

По результатам всех опытов заполнить все таблицы и построить графики  $U = f(l)$ .

#### IV. Контрольные вопросы.

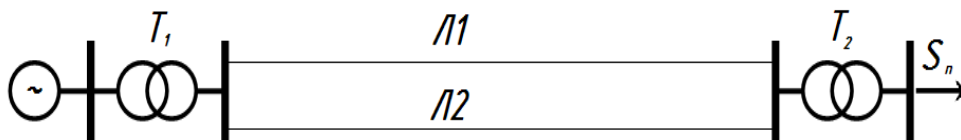
1. Что называется волновым сопротивлением ЛЭП?
2. Чем опасно включение линии при холостом режиме?
3. Основные уравнения дальних ЛЭП.
4. Как меняется напряжение в зависимости от направления протекания реактивной мощности?

## ЛАБОРАТОРНАЯ №5

### РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В РАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследование методов регулирования напряжения в заданной схеме районной электрической сети.

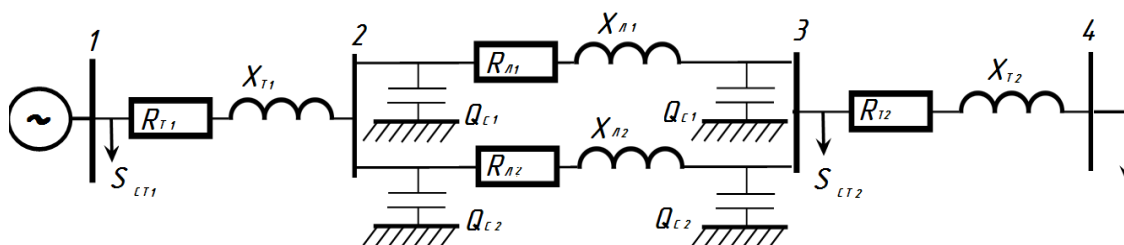
**ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ:** для заданного варианта исходных данных для схемы районной электрической сети произвести исследование методов регулирования напряжения.



#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

I. Предварительная подготовка.

Определить параметры эквивалентной схемы замещения электрической сети.



При этом следует учесть, что

$$\frac{M}{M \cdot MM^2}$$

$D_{cp} = 5,04$  м при  $U_{ном} = 110$  кВ,

$D_{cp} = 7,0$  м при  $U_{ном} = 220$  кВ

Определить в  $T_2$ .

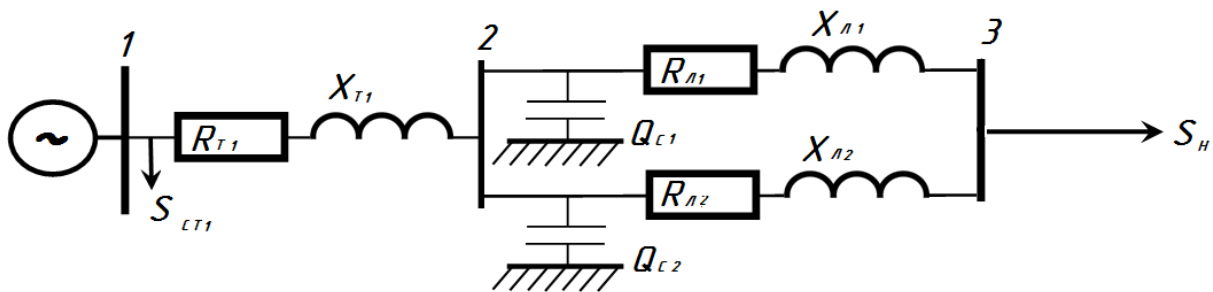
$$\frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot R_{T2}$$

$$\frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot X_{T2}$$

Нагрузка приведенная к высокой стороне  $T_2$ , равна:

$$S_H = P_H + j Q + ( P_{CT2} + j Q_{CT2} ) + ( P_{MT2} + j Q_{MT2} ) - ( Q_{C1} + Q_{C2} )$$

Схема сети примет следующий вид:



Определит мощности, протекающие по параллельным Л<sub>1</sub> и Л<sub>2</sub>:

$$\frac{Z_{L2}}{Z_{L1} + Z_{L2}} \quad \frac{Z_{L1}}{Z_{L1} + Z_{L2}}$$

Потери в ЛЭП:

$$\Delta S_1 = \frac{P_1^{(3)2} + Q_1^{22}}{U_H^2} \cdot R_{L1} \cdot jX_{L1}$$

$$\Delta S_2 = \frac{P_2^{(3)2} + Q_2^{22}}{U_H^2} \cdot R_{L2} \cdot jX_{L2}$$

Мощность на выходе Т<sub>1</sub>:

$$S_{T1}^{(2)} = (S_1^{(3)} + \Delta S_1 - j \Delta Q_{C1}) + (S_2^{(3)} + \Delta S_2 - j \Delta Q_{C2})$$

Определить в Т<sub>1</sub>.

$$\frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot R_{T1} \quad \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot X_{T1}$$

Мощность на шинах генератора без учета :

$$S_r = P_r + j Q_r = S_{T1}^{(2)} + \Delta S_{MT1}$$

Определить суммарные потери активной мощности.

$$\Delta P = P_r \cdot P_H$$

Считать напряжение генератора заданным:  $U_{ген} = 10,5$  кВ.

Определить приведенное напряжение Т<sub>1</sub>:

$$U_{T1} = U_r \cdot K, \quad \text{где } K_{T1} =$$

$$\text{Для } U_H = 220 \text{ кВ } K_{T1} =$$

Для  $U_H = 110 \text{ кВ}$   $K_{T1} =$

Потери напряжения в Т1:

$$\Delta U_{T1} = \frac{X_{T1}}{U_2}$$

Напряжение в начале ЛЭП:  $U_2 = U_{T1}^1 - \Delta U_{T1}$

Потери напряжения в ЛЭП:

$$\Delta U_{ЛЭП} = \frac{(R_{ЛЭП} + (Q_1^{(2)} + \Delta Q_1) \cdot X_{ЛЭП}) \cdot X_{ЛЭП}}{U_2^2}$$

Напряжение в конце ЛЭП:

Потери напряжения в Т2:

$$\Delta U_{T2} = \frac{(R_{T2} + (Q_H + \Delta Q_{MT2}) \cdot X_{T2}) \cdot X_{T2}}{U_2^2}$$

Приведенное напряжение на шинах нагрузки:  $U_H = U_3 - \Delta U_{T2}$

Действительное напряжение на нагрузке:

$U_H =$  где  $K_{T2} =$

Для  $U_H = 220 \text{ кВ}$   $K_{T2} =$

Для  $U_H = 110 \text{ кВ}$   $K_{T2} =$

Результаты расчета напряжений свести в таблицу 1.

п\п	Способы регулирования U.					
		1	2	3	4	5
	При расчете вручную					
	При расчете на ЭВМ					

Результате расчета, полученного на машине, вносятся в таблицу в прогресс работы.

Работа считается законченной, если полученное напряжение у потребителя в допустимых пределах.

## II. Работа в лаборатории.

1. Внести в ЭВМ исходные данные и расчетные параметры схемы замещения. Данные вводить согласно инструкции по использованию программы. Если параметры рассчитаны неверно, на экране появится сообщения об этом. В этом случае необходимо провести повторный расчет.

2. Ввести в ЭВМ  $U_r$ ,  $P_H$ ,  $Q_H$ .

3. На экране появится таблица итеративного расчета напряжений в узлах 1, 2, 3, 4 и суммарных потерь. Произвести сравнение результатов

первой итерации магнитного и ручного расчета номинального режима. Результаты машинного расчета занести в табл. 1.

4. Если напряжение у потребителя  $U_n$  отличается от номинального больше, чем на 5%, необходимо исследовать все указанные на экране ЭВМ способы регулирования  $U$ .

5. Последнюю итерацию после применения каждого способа регулирования внести в табл. 1.

### **III. Порядок оформления отчета**

1. Заданная схема, исходные данные варианта.
2. Схема замещения, результаты её параметров.
3. Расчет нормального режима.
4. Таблица 1 – результаты ручного и машинного расчета нормального режима: результаты исследования напряжения.

### **IV. Контрольные вопросы.**

1. От каких факторов зависит напряжение от потребителя?
2. Как влияет на напряжение изменение числа витков у трансформаторов РПН, ПБВ.
3. Как можно менять потери напряжения в электрических сетях?
4. Как изменится напряжение, если синхронный компенсатор, установленный у потребителя, привести в режим потребления реактивной мощности? Почему?

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



**СБОРНИК ЗАДАЧИ И УПРОЖНЕНИЕ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

**Составители:** Доц.Шайматов Б.Х.,ст.преп.Холмурадов М.Б

Методические указания к выполнению практических занятий по курсу: «Электрические сети и системы » Доц.Шайматов Б.Х., ст.преп.Холмурадов М.Б. Навои: НГГИ.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта и контрольной работы по курсу «Электрические сети и системы». Студенты, выполняющие контрольные работы и курсовые проекты изучают работу существующих видов элементов электроэнергетики, электрические сети и систем, а также конструктивное исполнение воздушных линий, указанных в описаниях. В указаниях предложена теоретическая часть для выполнения контрольного и курсового проекта, а также показано решение одного примера. В том числе в указаниях дано паспортные данные элементов электрических сетей и системы. Данные методические указания рекомендованы для студентов обучающихся по направлению 310200 «Электроэнергетика».

Кафедра «Электроэнергетика»

Печатается по решению учебно-методического Совета Навоийского государственного горного института.

Рецензенты:

Эшев Х.Х.

Ведущие инженер Навоийкий  
тепловой электрических станции

Эшмуродов З.О

Доцент кафедры « автоматизации и  
управления » НГГИ

## Предисловие

Данное методические указания по направлению «Энергетика» и по предмету «Электрические сети и системы» предназначается для выполнения курсового проекта и контрольной работы. То есть, в соответствии учебным планом возникающие сложные задачи в области электрических сетей и системы, отвечая, на эти вопросы в виде реферата помогает, каждому студенту еще больше расширить свой кругозор. А также, отвечая на научно-технические вопросы; сталкиваясь с новыми идеями в электрических сетях и системах; решением их может быть использование литературы, которая помогает каждому студенту.

В первой контрольной работе собран ряд вопросов: о качестве электроэнергии, об условии энергетических равновесии, о компенсации реактивных мощностей и о схемах электрических систем. А во второй контрольной работе решаются поставленные вопросы обычного потребителя, который имеет технико-экономический показатель сети, также анализ и выбор электропроводников. Этот методические указания показывает путь для выполнения курсового проекта и имеет важные сведения о них. Каждый будущий бакалавр-энергетик, который получил своё теоретическое знание, должен осуществить его на практике, и вместе с этим создаются условия для усвоения предмета «электрические сети и системы».



## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Для выполнения этой контрольной работы чертят схему однолинейной электрических сетей и системы. На основе схемы вычисляют активную и реактивную мощность, выбирают трансформатор, компенсацию реактивной мощности и проводов линию электропередач. В результате выполняется следующие расчеты.

Выполнение контрольной работы: каждый студент берёт вариант из таблицы-2.

### Пример расчета:

Дано:  $U_1=35$  кВ;  $U_2=10,5$  кВ;  $t = 15$ км;  $S= 1000$ кВА;  $\cos\varphi=0,8$ ;  $T_{\max}= 5000$  с;  
 $\tau = 3000$  с.

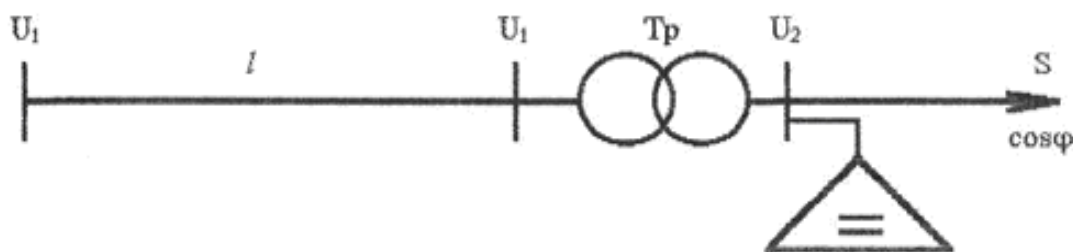


Рисунок-1.

1. Определяем активную и реактивную мощность потребителя.

$$P=S\cos\varphi= 1000*0,8=800[\text{кВт}]$$

$$Q=S\sin\varphi=1000*0,6=600[\text{кВАР}].$$

Здесь  $\sin\varphi=0,6$

$$\cos\varphi= 0,8$$

Тогда полная мощность будет:

$$S=P+JQ=800+J600\sqrt{800^2+600^2}=1000[\text{кВА}]$$

На основе расчета полной мощности выбираем трансформатор. Если будут двух трансформаторных подстанций:

$$S_{\text{тр}}=(0.7+0.8)S=0.75*1000=750 [\text{кВА}]$$

Если одна трансформаторная:

$$S_{\text{тр}}=S/(0.7+0.8)=1000/ 0.75=1333 [\text{кВА}];$$

В таких случаях, выбирая трансформатор нужно обратить внимание на категории потребителей. Или нагрузки коэффициента трансформаторов должны соответствовать к следующим категориям.

I категория  $K=0,6+0,75$

II категория  $K=0,7+0,85$

III категория  $K=0,8+0,95$

При выборе трансформатора учитывается компенсация реактивной мощности. Его значение вычисляется следующим образом:

$$Q_{\text{к}}=P(\text{tg}\varphi_{\text{ест}}-\text{tg}\varphi)=800(0.75-0.328)=337.6\approx 338 [\text{кВАР}]$$

Здесь:  $\text{tg}\varphi_{\text{ест}}=0,75$   $\cos\varphi_{\text{ест}}=0,8$  соответствует

$$\text{Cos}\varphi_{\text{н}}=0,95$$

$$\text{tg}\varphi_{\text{н}}=0,328$$

На основе вычисленной компенсации реактивной мощности ( $Q_k$ ), пользуясь литературой или таблицей-8, выбираем установку конденсатора, которая соответствует таким напряжениям:  $U_H=6$ [кВ] или  $U_H=10$ [кВ];

Или  $Q_k^i=330=330$  [кВАР]

Учитывая установку конденсатора, вычисляем полную мощность потребителя.

$$S_x=P+j(Q-Q_k^i)=800+j(600-330)=800+j270=\sqrt{800^2+270^2}=845 \text{ [кВА]}$$

Учитывая установку конденсатора, коэффициент мощности потребителя будет иметь следующий вид:

$$\cos\varphi=P/S_x=800/845=0,95$$

Или, коэффициент мощности должен быть равен нормативу или должен быть больше.

$$\cos\varphi \geq \cos\varphi_n=0,95$$

Таким образом на основе полной мощности, используя 9- таблицу или [5] литературу выполняя выше стоящие условия выбираем трансформатор.

Выбираем понизительную двух трансформаторную подстанцию типа 2ХТМ-630/10 или одну трансформаторную подстанцию типа ТМ-1000/10.

Тогда коэффициент нагрузки трансформатора будет иметь следующий вид:

$$K_H=S_x/nS_{HT}=840/2*630=0,67$$

$$K_H=S_x/S_{HT}=840/1000=0,84$$

Из таблицы -5 берем данные выбранного трансформатора.

$$S_{HT}=1000 \text{ [кВА]}; U_{нагр}=35 \text{ [кВ]}; U_{ок}=10.5 \text{ [кВ]}; \Delta P_{КТ}=18 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta P_{XX}=3,6 \text{ [кВт]}; U_k\%=6,5\%; I_x\%=1,4\%; R_T=8,6 \text{ [Ом]};$$

$$X_T=49,8 \text{ [Ом]}; \Delta Q_x=22,4 \text{ [кВар]};$$

Стоимость трансформатора договорная свободная цена.

Вычисляем активные и реактивные потери мощности трансформатора:

$$\Delta P_{тр}=1/n\Delta P_{КТ}(S_x/S_{HT})^2+n\Delta P_{XX}=(1/2)*18*(840/630)^2+2*3,6=23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_T=U_k\%S_x^2/100nS_{HT}+nI_{XX}\%S_{HT}/100=6,5*840^2/200*630+2*1,4*630/100=54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь  $n=2$ - число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{ввод}^{TP}=P+\Delta P_{тр}=800+23,2=823,2$  [кВт];

$$Q_{ввод}=Q+\Delta Q_{тр}=600+54,04=654,04 \text{ [кВар]};$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{ввод}^{TP}=P_{ввод}^{TP}+jQ_{ввод}^{TP}=823,2+j654,04 \text{ [кВА]};$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{тр}=(1/n)\Delta P_{КТ}(S_x/S_{HT})^2\tau+n\Delta P_{XX}T_{и}=(1,2)*18*(840/630)^2*200+2*3,6*8760=88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика  $\tau=f(T)$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{тп}} / \sqrt{3} U_{\text{н1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max} U$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_c = U^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_c = 2U^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0, x_0, b_0$ -берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.

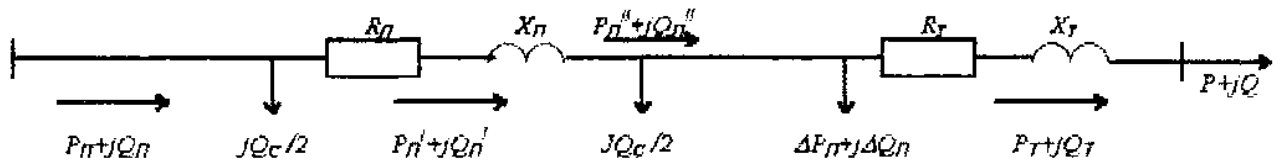


Рис-2.

Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые протикает по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_T \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_T - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} t \text{ [кВт.с/год]}.$

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{л} = (P_{л}^1 R_{л} + Q_{л}^1 X_{л}) / U_{л} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{л}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U \% = \Delta U_{л} 100 \% / U_{л}^{11} \leq 5 \%$$

Здесь:  $U_{л}^{11}$  - напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора. В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{л1} = U_{л} + \Delta U_{л} \text{ [кВ]};$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta = P_{л}^{11} / P_{л} \quad \cos \varphi_{л} = P_{л} / S_{л};$$

здесь:  $S_{л} = P_{л} + jQ_{л}$  [кВА]- комплексный вид или  $S = \sqrt{P_{л}^2 + Q_{л}^2}$  [кВа];

Теперь вычисляем экономические показатели электрической сети и системы:

$$\sum K = \sum K_{п/ст} + \sum K_{л} \text{ [тыс. Сум]}$$

Здесь:  $\sum K_{п/ст}$ ,  $\sum K_{л}$  - цена трансформатора и линии. (берется из таблицы 9, 11).

Учитывая амортизации линии и определяем потери электрической сетей.

$$\sum G = G_{п/ст} + G_{л} + G_{\Delta A} \text{ [тыс. Сум]}.$$

Здесь:  $G_{п/ст} = \sum K_{п/ст} P_{э.тр}$  [тыс. Сум];

$$G_{л} = \sum K_{л} P_{а.л} \text{ [тыс. Сум]};$$

$$G_{\Delta A} = \beta \Delta A \text{ [тыс. Сум]};$$

$P_{а.тр}$ ;  $P_{а.л}$  - Каждый год выделяющийся для трансформатора и линии амортизационный коэффициент. (таблица-12).

$\beta$  - цена электрической энергии за 1 кВт/час. (свободная цена).

Приведенная затрата электрической сети и системы определяется следующим образом:

$$Z = E_n \sum K + \sum G \text{ [тыс. Сум]};$$

$E_n = 0,12 \div 0,15$  - нормативный коэффициент.

Если контрольная работа вычисляется в двух или трех вариантах, тот самый оптимальный  $Z_{min}$ .

Таблица-2.

№	Вариант	S [кВА]	cosφ	U [кВ]	U [кВ]	ι [км]	T [час]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	01,51	1200	0,8	35	10	12	5000
2	12,52	2000	0,85	110	10	20	4000
3	03,53	5000	0,84	110	10	15	6000
4	04,54	7000	0,80	220	35	15	4500
5	05,55	4500	0,9	110	6,3	20	5500
6	06,56	8000	0,85	220	35	15	3500
7	07,57	1100	0,86	110	10	20	4000
8	08,58	4800	0,8	110	10	15	4500

9	09,59	9000	0,75	220	35	20	5000
10	10,60	1400	0,8	35	6,3	15	5500
11	11,61	4000	0,85	110	10	20	6000
12	12,62	9500	0,8	220	35	15	3000
13	13,63	8000	0,9	220	35	20	3500
14	14,64	6200	0,85	110	10	15	4000
15	15,65	10500	0,9	220	35	20	4500
16	16,66	1600	0,85	35	6,3	15	5000
17	17,67	2400	0,8	35	10	20	5500
18	18,68	9200	0,8	110	10	15	6000
19	19,69	3600	0,82	35	10	22	4500
20	20,70	8500	0,8	110	10	15	3000
21	21,71	1600	0,85	35	6,3	20	3500
22	22,72	12000	0,86	220	35	15	4000
23	23,73	3200	0,9	110	10	15	5000
24	24,74	1300	0,85	35	6,3	20	6000
25	25,75	1900	0,85	35	10	15	5500
26	26,76	2400	0,8	35	10	20	3000
27	27,77	6400	0,8	110	10	15	4500
28	28,78	12600	0,85	220	35	20	6000
29	29,79	10400	0,8	220	35	10	3500
30	30,80	8600	0,9	110	6,3	20	4000
31	31,81	3200	0,85	35	6,3	15	5500
32	32,82	1800	0,9	35	10	20	3000
33	33,83	2400	0,8	35	10	15	5000
34	34,84	7600	0,85	35	10	20	4500
35	35,85	8200	0,9	110	6,3	20	4000
36	36,86	4200	0,85	110	10	15	6000
37	37,87	3400	0,8	35	6,3	20	5500
38	38,88	3200	0,8	35	10	15	4500
39	39.89	10200	0,85	110	10	20	3500
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
40	40.90	8400	0,8	110	10	15	3000
41	41.91	6200	0,9	35	10	20	4500
42	42.92	8200	0,85	35	6,3	15	6000
43	43.93	10400	0,9	35	10	20	5000
44	44.94	4600	0,85	35	6,3	15	4000
45	45.95	9400	0,9	35	10	20	5500
46	46.96	11400	0,8	110	10	15	3500
47	47.97	10400	0,75	35	6,3	20	3000
48	48.98	4100	0,9	35	10	15	6000
49	49.99	6300	0,85	110	10	15	4500
50	50.100	1800	0,9	35	6,3	20	5000

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



**КУРСОВАЯ ПРОЕКТ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

## **МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.**

### **1.Цель выполнения курсового проекта.**

Выполнение курсового проекта является заключительной частью предмета «Электрические сети и системы» и направлены на укрепление теоретических знаний студентов.

Требует особое внимание следующее, что:

- проектирование курсового проекта укрепляет практические знания;
- учат пользоваться нужной литературой;
- повышают внимание на вычисления и на технико-экономическую оценку;
- повышают способность, к самостоятельному решению упражнений инженера связанный с предметам по специальности;
- готовят себя к выполнению дипломного проектирования и дипломной работе.

### **2. Задание курсового проекта.**

Разработать оптимальный вариант энергоснабжения для данного района.

Здесь курсовой проект состоит из следующего:

1. План проекта вместе с местом расположения потребителей.
2. Активная мощность ( $P_n$ ) используемая в режиме более высокой нагрузки.
3. Повышение обеспечения электроэнергией потребителей и коэффициент соответствующей мощности ( $\cos\varphi$ ) на самое высокое время пользования ( $T_{\max}$ ).

Для этого схема электросетей обязана отвечать на следующие стандарты:

1. Повышения качества и бесперебойного обеспечения электроэнергией.
2. Удобность с экономической стороны обеспечения электроэнергией.

Потребители делятся на 3 категории для надёжности обеспечения электроэнергией.

Потребители категории 1, должны обеспечиваться 100% электроэнергией. Для этого желательно использовать источники энергии не связанные друг с другом, т. е. двух стороннее обеспечение энергией, двух проводную линию электропередач и подстанцию из двух трансформаторов.

Потребители категории 2, должны быть обеспечены электроэнергией с помощью подстанций из двух трансформаторов частичный коэффициент, которого  $K_{\Sigma}=0,75$  и используется однопроводная линия электропередач надёжная при высоком напряжении.

Потребители категории 3, обеспечиваются с помощью подстанций из одного трансформатора и однопроводной линии передач. Здесь учитывается обмен запасного трансформатора за сутки. Выбранные провода при различной катастрофе могут быть удовлетворены.

При проектировании электросетей и системы сравниваются на основании несколько вариантов схем, итоги одинаковых вычислений с экономическими показателями, и принимаются малорасходный вариант.

### **3. Порядок оформления графической и объяснительной части в курсовом проекте.**

Объяснительная работа по предмету «Электрические сети и системы» рекомендуется выполнять в качестве заключительного расчета в следующем виде:

1. Титульный лист.
2. Календарный план и данный проект.
3. Введение.
4. Основная часть расчета.
5. Пояснительная записка.
6. Использованные литературы при выполнении проекта.

Пояснительная записка пишется на белой бумаге формат 210x 297, 40-50 страниц и часть проекта в основном делят на следующие %:

- Устойчивость энергии и вычисление установки конденсатора 10%:
- Выбор схемы, выбор трансформатора и поперечного сечения провода- 40%:
- Определение параметров провода и трансформатора 20%:
- Техничко-экономические расчеты и сопоставление вариантов 30%:

Текст курсового проекта должен быть краткий и яркий с технической точки зрения, желательно все способы и формулы указывать в последовательности.

Графическая часть проекта, чертится на двух ватманах объём 24, после росписи и утверждения преподавателя, курсовой проект разрешается защита.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН.  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ.  
ФАКУЛЬТЕТ «ЭНЕРГОМЕХАНИКА».  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА».**

**ЗАДАНИЕ № \_\_\_\_\_**

**Курсовой проект по предмету «Электрические сети и системы».**

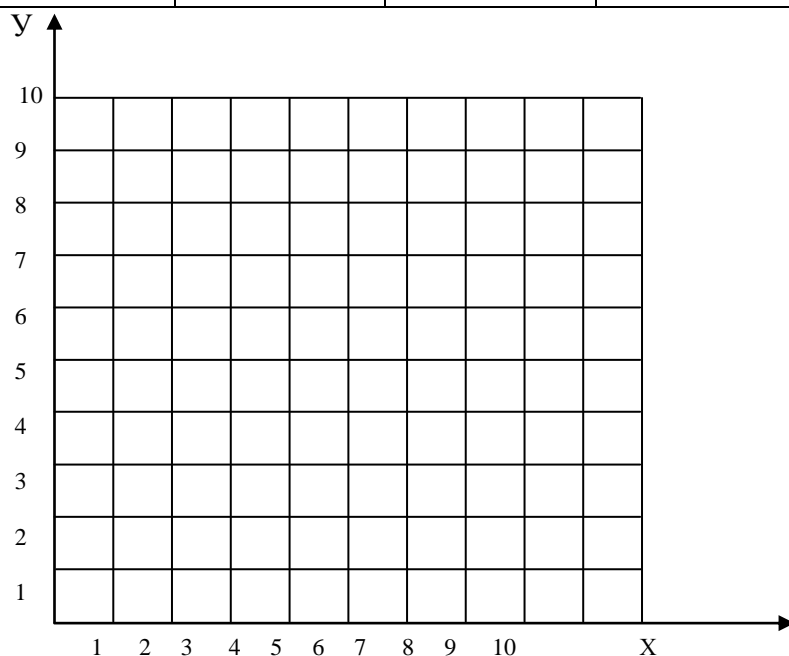
Студент \_\_\_\_\_  
группа \_\_\_\_\_



Дата получения задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 год.

Тема проекта: «Электрические сети района»

№	P, МВт	cosφ	x	y	U <sub>н</sub> , кВ
п/ст					
1					
2					
3					
4					
5					



Время сдачи задания: План \_\_\_\_\_ Фактический \_\_\_\_\_

Этапы					Защиты
1	2	3	4	5	

Руководитель проекта: \_\_\_\_\_

## 5. Ознакомление с заданием и расчет баланс мощностей

Один из основных показателей проектирования электрических сетей и систем, изучение рекомендации по обеспечению района электроэнергией.

Для этого:

Графическое место расположение потребителей.

Климатические условия:

Рекомендация и категория потребителей электроэнергии.

Понятия об электроэнергии.

Основные вычисления баланс мощности правильно подобрать схему и систему проектирования электрических сетей.

Определим баланс активное мощностей

$$\sum P_{\Gamma} = \sum P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{сис}} + P_{\text{рез}} \quad [\text{МВт}]$$

Здесь  $\sum P_{\Gamma}$  - сумма установленной генерационной мощности;

$\sum P_{\text{нагр}}$  - сумма активных мощностей нагрузок.

$\Delta P_{\text{сеть}}$  - потеря активной мощности в сети;

$P_{\text{рез}}$  - активная мощность в резерве.

Сумма нагрузок активной мощности определяется следующим образом:

$$\sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$  - активная мощность, данное потребителем.

Потеря активной мощности в сети:  $\Delta P_{\text{сеть}} = (6+10)\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

А активная мощность в резерве:  $P_{\text{рез}} = 10\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

Активная мощность в резерве вызывает доверие у потребителей в обеспечении энергией.

### Баланс реактивной мощности

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе баланса реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшение техника – экономического показателя районной электросети т.е для баланса реактивной мощности надо рассчитывать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\sum Q = \sum Q_{\Gamma} + \sum Q_{\text{к}} = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь  $\sum Q_{\Gamma}$  - сумма установленной генерационной реактивной мощности;

$\sum Q_{\text{к}}$  - сумма мощностей конденсаторной батареи;

$\sum Q_{\text{нагр}}$  - сумма нагрузочной реактивной мощности;

$\Delta Q_{\text{тр}}$  - потеря реактивной мощности в трансформаторе;

$Q_{\text{рез}}$  - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерирующей реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\sum Q_r = \sum P_{\text{нагр}} \operatorname{tg} \varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

$\operatorname{tg} \varphi$  определяем через  $\cos \varphi$ .

А реактивная мощность нагрузки определяется таким образом:

$$\sum Q_{\text{нагр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad [\text{Мвар}]$$

Определение потери реактивной мощности в трансформаторе является основным показателем и определяется таким образом:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 10\% \sum S_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь:  $\sum S_{\text{нагр}}$  - полная мощность нагрузки

$$\sum S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j \sum Q_{\text{нагр}} = \sqrt{\sum P_{\text{нагр}}^2 + \sum Q_{\text{нагр}}^2} \quad [\text{МВА}]$$

Реактивная мощность в резерве определяется следующим образом:

$$Q_{\text{рез}} = 10\% \sum Q_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Чтобы определить реактивную мощность компенсации нужно вычислить мощность конденсаторной батареи:

$$\sum Q_k = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_r \quad [\text{Мвар}]$$

$$\text{Или } \sum Q_k = \sum P_{\text{нагр}} (\operatorname{tg} \varphi_{\text{ест}} - \operatorname{tg} \varphi_n)$$

$$\text{Здесь: } \operatorname{tg} \varphi_{\text{ест}} = \sum P_{\text{нагр}} / \sum S_{\text{нагр}}$$

$$\text{Или, } \cos \varphi_{\text{ест}} = (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 \cos \varphi_4 \cos \varphi_5) / 5$$

Определяя коэффициент мощности, можно найти  $\operatorname{tg} \varphi_n$

$$\operatorname{tg} \varphi_n = 0,328 \cos \varphi_n = 0,95 \quad \text{принимается таким образом.}$$

В результате, смотря на найденный мощность конденсаторной батареи  $\sum Q$ , из таблицы 8 выбирают конденсаторную батарею и определяют полную мощность потребителя.

$$S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j (\sum Q_{\text{нагр}} - Q_k^1) \quad [\text{МВА}];$$

$Q_{\text{ку}}^1$  - мощность конденсаторной батареи, взято из таблицы.

Таким образом, покрытие реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи устанавливается ближе к месту потребителя. В нем, повышая реактивную мощность, уменьшает потери активной мощности, и технико-экономические показатели улучшает качество снабжении электро энергии.

## **6. Выбор схемы электрических сетей.**

При выборе схемы электрических сетей чертится 10-12 вариантов, расстояние между подстанциями, смотря на надёжность варианта, выбираются 2 варианта. Эти 2 варианта сопоставляются с технически – экономическими показателями. Районные электрические сети в основном делятся на 3 схемы:

Радиальный (из открытых сетей).

Кольцевые ( схема закрытой цепи).

Разбросанный. ( смешанный).

Берутся во внимание схемы вышеуказанных соединений, смотря на группы потребителей, расстояния линий передач, потребителей резервной энергией, а также экономичность в цене цветного металла.

Выбранной схеме ставятся требования, такие как: надёжные, качественные и экономичные, важное место имеет коммутационные аппараты, количество трансформаторов и мощность в каждой подстанции.

Из 10-12 конфигураций нужно выбрать 2 оптимальных варианта, а от проектировщика требуется большие способности, мышление и знание.

Выбирать схемы желательно вместе с руководителем курсового проекта.

### 7. Определение точки распределения мощности в сети.

Для определения точки распределения мощности в сети делаем анализ простой кольцевой сети. Кольцевая сеть рассматривается потребитель с двух сторон. Для этого посмотрим выбранную схему. Здесь считается масштаб расстояния от одного потребителя к другому. Эту кольцевую сеть переводят в открытую систему, вычисляются по направлению мощности.

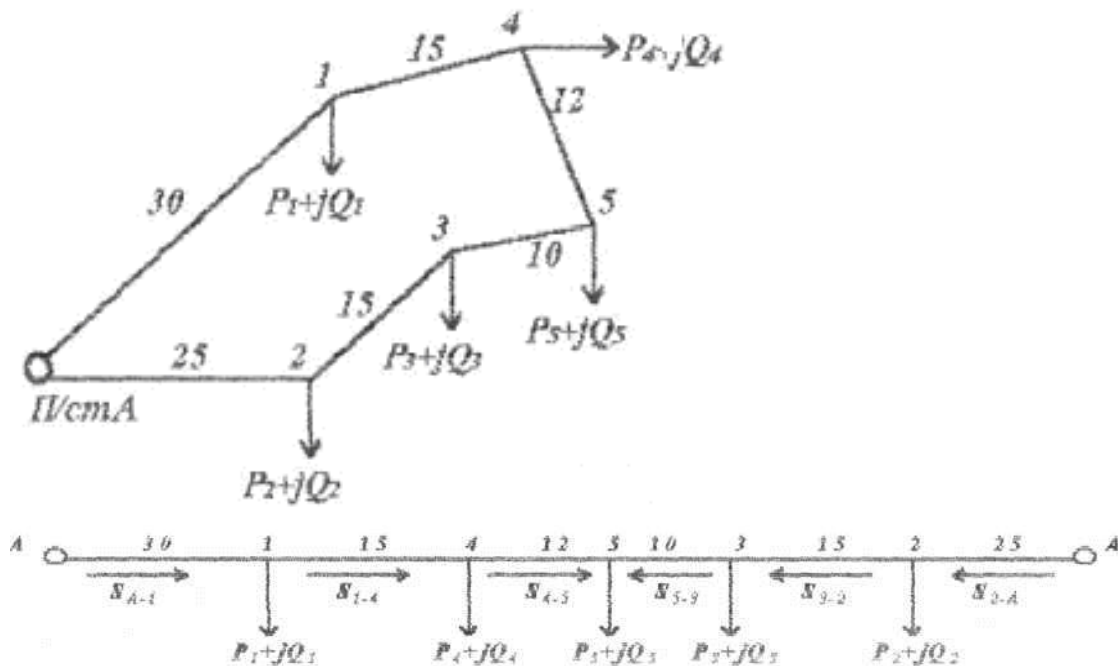


Рис- 3

$$S_{A-1} = \{(P_1 + jQ_1)30 + (P_4 + jQ_4)45 + (P_5 + jQ_5)57 + (P_3 + jQ_3)67 + (P_2 + jQ_2)82\} / (\sum \ell = 107) = \{(R_1 30 + jQ_1 30 + P_4 45 + jQ_4 45 + P_5 57 + jQ_5 57 + P_3 67 + jQ_3 67 + P_2 82 + jQ_2 82)\} / 107 = \{\sum P + jQ\} / 107 = P_{A-1} + jQ_{A-1} \text{ [MBA]}$$

$$S_{1-4} = S_{A-1} - S_1 = P_{A-1} + jQ_{A-1} - (P_1 + jQ_1) \text{ [MBA]}$$

$$S_{4-3} = S_{1-4} - S_4 \text{ [MBA]}$$

$$S_{5-3} = S_{4-3} - S_5 \text{ [MBA]}$$

Если  $S_{4-5} < S_1$ , то вычисления ведутся со второй стороны, т.е.

$$S_{A-2}^1 = \{(P_2 + jQ_2)25 + (P_3 + jQ_3)40 + (P_5 + jQ_5)50 + (P_4 + jQ_4)62 + (P_1 + jQ_1)77\} / \{\sum \ell = 107\} = \{\sum P + jQ\} / 107 = P_{A-2}^1 + jQ_{A-2}^1 \text{ [MBA]}$$

$$S_{2-3} = S_{A-2}^1 - S_2 \text{ [MBA]}$$

$$S_{3-5} = S_{2-3} - S_3 \text{ [MBA]}$$

После этого вычисления прекращаются, т.к. если  $S_{5-4} = S_{3-5} - S_5$  то будет  $S_{5-4} < S_5$ .

В итоге определена точка распределения мощности, после выполнения выше указанных вычислений текущая мощность с двух источников. На примере : на 5-точке с каждой двух сторон течение мощностей прекращается.

### **8. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.**

Выбор номинального напряжения в электрических сетях и системе играет большую роль для технико-экономических показателей. Через электрические сети подача мощности при различных стандартах можно принимать напряжение. В стандартные номинальные напряжения входят: 6,10,35,110,220,350,500,750 (кВ). При проектировании курсового проекта желательно пользоваться 13 таблицей.

2÷10 [МВт]	50÷20 [км]	35 [кв.]
10÷50 [МВт]	150÷50 [км]	110 [кв.]
100÷150 [МВт]	300÷200 [км]	220 [кв.]
400÷600 [МВт]	500÷1000 [км]	500 [кв.]

Эти показатели в проектировании считаются заключительными в выборе напряжения. Выбор напряжения желательно после технико-экономических вычислений. При выборе номинального напряжения одно из основных предложений соблюдение для выбора оптимального провода воздушных линий.

Для этого провода с минимальной и максимальной площади поперечного сечения подходящий для мощности обязательно надо соединить с короной.

Для 220 кв. АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 110 кв. АС-70 мм<sup>2</sup>

Для 35 кв. АС-50 мм<sup>2</sup> будет минимальным.

Максимальные показания:

Для 35 кв. АС-95 мм<sup>2</sup>

Для 100кв АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 220 кв. АС-400-500 мм

При выборе мощности пользуйтесь формулой:  $U = 4,34 \sqrt{0,016/P}$ , (кВ).

Здесь:

$l$ - является расстоянием от источника до потребителя.

$P$ - протяженная активная мощность.

Вычисленную нагрузку и правильно подобранную напряжение пишут в таблицу.

Меж.сетевые Части из рис.	Расстояние $l$ (км)	Вычисленная нагрузка		Номинальное напряжение $U$ (кВ)
		$P+jQ$ [ кВа]	$S$ [кВа]	
А-1 1-2 И т.д.				

### **9. Выбор силового трансформатора.**

При выборе мощного трансформатора (автотрансформатора) немалую роль играет технико-экономическая выдержка мощности, взятая из источника потребителем и надёжное обеспечение. Номинальное напряжение трансформатора измеряется в Киловольт - амперах или Мегавольт - амперах, и выбирается на основе полной мощности потребителя. На практике для подстанции выбирается трансформаторы, смотря на категории потребителя, принимается один или два, трансформатора т.е. все нагрузки в номинальном положении до 40% при аварии  $0,7 + 0,75$  принимаются.

В результате коэффициент нагрузок на трансформаторы рекомендуются в следующем виде:

Если 1 категория, то  $K_n = 0,6 \div 0,75$  будет.

2 категория, то  $K_n = 0,7 \div 0,85$  будет.

3- категория, то  $K_n = 0,8 \div 0,95$  будет.

Часто для потребителей категории-3 выбирается трансформаторная подстанция с напряжением  $S_{нт} = 6,3$  (МВА). Выбираемые трансформаторы регулируют под стандартные номинальные напряжения.

Трансформаторы и (автотрансформаторы) с напряжением 220/110/10,5/и 110/35/10,5 трёхфазные и трёхобмоточный обязаны нагружаться до следующего % отношения.

.т.е. 100/100/100.

100/100/66,7

100/66,7/100

100/66,7/66,7.

Выбираемые трансформаторы для двух трансформаторных подстанций должны соответствовать следующим требованиям: граница его нагрузочного коэффициента 1,4 или 40% берётся во внимание нагрузка и приблизительное его напряжение определяется так:  $S \geq S_{нар} / 1,4$ .

А нагрузочный коэффициент:  $K_n = S_{нар} / S_{нт} = 0,7 \div 0,85$ .

В связи с напряжением трансформатора и автотрансформатора, выбор номинальных мощностей берется из таблицы-9.

### **10. Определение и выбор воздушных линий и выбор площади поперечного сечения провода.**

В воздушных электрических сетях с напряжением  $U_n = 35$  кВ и выше устанавливаются однопроводной и двухпроводной деревянный столб, железный, железобетонный столб. Опоры выбираются по климату планируемого района. Железобетонные опоры устанавливаются в основном в горных массивах, а мощность их больше  $U_n = 35$  кВ.

Деревянные опоры устанавливаются в районах с низким показателем влажности. Площадь поперечного сечения проводов определяется по формуле:  $I_U = S_{нар} / \sqrt{3} U_n$ .

Здесь:

$I_u$  – рабочий ток на линии;

$S_H$ - полное нагрузочное напряжение;

$U_H$ - номинальное напряжение линии.

С определением рабочего тока выбираем поперечное сечение провода или определяем с заключительной формулой:  $F=I_U/J_{эк}$

Здесь:

$F$ - Площадь поперечного сечения провода;

$J_{эк}$ - Экономическая плотность тока. (А/мм<sup>2</sup>).

$$J_{эк}=1,3 \div 1,5 \text{ [А/мм}^2\text{]}$$

По правилам вычисленного рабочего тока  $F=I_U/J_{эк}$  и выбирается площадь поперечного сечения провода для воздушного двойного провода:

$$I_U=S_{наг}/2*\sqrt{3}U_H$$

Площадь поперечного сечения провода выбранной для каждой сети проверяется при аварии и должны отвечать следующим правилам:

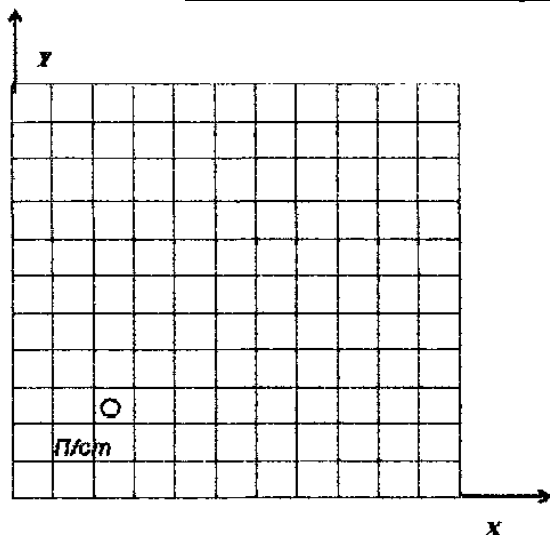
$$I_U \leq I_{раз} \text{ или } I_{ав} \leq I_{раз}.$$

$I_{раз}$ - разрешённый ток для выбранной проволоки.

## 11. Однолинейная схема и схема замещения электрических сетей

После вычисления курсового проекта нужно начертить однолинейную схему электрической сети и соответствующую схему замещения и на основе этих сделать анализ. В схеме указывается по ГОСТу подстанция трансформатора, воздушная линия, её длина, вид провода, площадь поперечного сечения. В схеме замещения указывается вычисленные значения параметров электрических сетей. Рекомендуются пользоваться 6 и 7 рис. Для черчения схемы.

## 12. Варианты курсового проекта и их выполнение



№	№ Потребитель	Р МВт	cosφ	X	Y	Категория %			U <sub>н</sub> (кВ)	T <sub>макс</sub> (с)	масштаб (км)
						I	II	III			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	п/ст			10	5					5800	
	1	25	0,75	6	6	10	40	50	10		
	2	15	0,85	7	7	20	40	40	6		
	3	20	0,95	9	8	5	50	45	6		
	4	10	0,90	7	9	20	35	45	10		
	5	5	0,8	5	7	15	45	40	10		
2	п/ст			3	4					4100	
	1	20	0,90	3	8	15	45	40	10		
	2	15	0,95	5	8	--	50	50	10		
	3	10	0,75	7	6	20	35	45	6		
	4	8	0,85	8	8	15	25	60	10		
	5	2	0,80	7	9	10	30	60	10		
3	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
4	п/ст			1	9					4000	+
	1	16	0,90	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	12	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,85	5	4	15	25	60	6		
	5	2	0,80	4	2	10	30	60	6		
5	п/ст			8	3					4700	
	1	18	0,75	8	7	15	45	40	10		
	2	25	0,90	9	8	10	50	40	10		
	3	10	0,87	16	7	10	50	40	10		
	4	12	0,95	7	9	--	55	45	6		
	5	2	0,80	5	8	15	40	55	6		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
6	п/ст			8	3					4700	
	1	18	0,75	8	7	15	45	40	10		
	2	25	0,90	9	8	10	50	40	10		
	3	10	0,87	16	7	10	50	40	10		
	4	12	0,95	7	9	--	55	45	6		
	5	2	0,80	5	8	15	40	55	6		
7	п/ст			3	10					3100	
	1	18	0,75	5	6	10	45	45	10		
	2	8	0,9	6	5	15	35	50	10		
	3	10	0,95	3	5	15	40	45	6		
	4	12	0,85	4	3	10	50	40	6		
	5	5	0,80	6	3	5	25	70	6		
8	п/ст			8	7					5300	+
	1	12	0,85	7	3	15	45	40	6		
	2	14	0,90	6	5	10	50	40	6		
	3	8	0,95	4	4	5	50	45	10		
	4	5	0,75	5	2	15	40	45	6		



	5	10	0,80	4	3	20	35	45	10		
9	п/ст 1	20	0,75	1	2					4000	
	2	12	0,85	5	5	20	50	30	10		
	3	10	0,95	7	4	15	50	35	6		
	4	4	0,90	7	6	5	35	60	10		
	5	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
10	п/ст 1	20	0,85	6	1					4300	
	2	15	0,75	7	5	15	40	45	10		
	3	25	0,90	5	6	15	45	40	6		
	4	10	0,80	7	7	10	50	40	6		
	5	10	0,80	4	7	10	50	40	10		
	5	5	0,95	6	8	5	40	55	10		
11	п/ст 1	12	0,75	2	2					4900	
	2	14	0,95	4	5	20	45	35	6		
	3	16	0,90	6	4	10	35	55	6		
	4	6	0,80	7	6	5	45	50	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	6		
	5	4	0,855	9	5	15	45	40	6		
12	п/ст 1	25	0,85	7	10					3900	
	2	16	0,75	5	5	25	50	25	10		
	3	20	0,90	2	5	20	50	30	6		
	4	8	0,80	6	3	--	45	55	6		
	5	8	0,80	8	2	10	40	50	10		
	5	4	0,95	4	1	15	35	60	6		
13	п/ст 1	28	0,80	5	2					5800	
	2	12	0,90	4	5	20	40	40	10		
	3	10	0,75	6	5	—	50	40	10		
	4	15	0,90	7	7	10	50	50	10		
	5	15	0,90	5	7	15	40	45	10		
	5	5	0,85	8	6	—	45	55	10		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
14	п/ст 1	22	0,75	2	8					5900	
	2	16	0,90	5	5	15	45	40	6		
	3	18	0,87	4	3	10	50	40	10		
	4	8	0,95	7	5	10	50	40	6		
	5	8	0,95	7	3	—	45	55	10		
	5	6	0,80	5	2	5	40	55	10		
15	п/ст 1	20	0,75	2	7					5100	
	2	16	0,90	6	7	15	45	40	10		
	3	14	0,80	5	5	20	40	40	10		
	4	14	0,80	7	4	-	40	45	6		
	5	12	0,87	8	6	15	50	50	6		
	5	10	0,95	9	5	5	50	45	6		
16	п/ст 1	20	0,80	4	2					5100	
	2	25	0,75	4	5	15	35	50	6		
	3	25	0,75	4	6	10	50	40	6		
	3	10	0,85	8	6	5	45	50	6		
	4	15	0,90	6	7	—	40	60	10		

	5	5	0,95	5	8	5	35	60	6		
17	п/ст			8	9					5100	
	1	15	0,75	6	6	25	50	25	10		
	2	8	0,90	4	7	10	50	40	6		
	3	10	0,80	2	6	15	45	40	6		
	4	14	0,87	2	4	15	45	40	6		
	5	5	0,95	6	4	--	50	50	6		
18	п/ст			3	9					4500	
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
19	п/ст			1	9					4000	
	1	15	0,80	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	6	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,80	5	4	15	25	60	6		
	5	8	0,90	4	2	10	30	60	6		
20	п/ст			3	9					4500	
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
21	п/ст			2	10					4200	
	1	20	0,80	8	7	20	50	30	6		
	2	15	0,95	6	8	25	45	30	6		
	3	10	0,75	5	6	5	40	55	6		
	4	8	0,85	7	9	10	45	45	6		
	5	2	0,8	9	8	15	40	40	6		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
22	п/ст			10	2					4300	
	1	16	0,90	5	4	15	45	40	10		
	2	6	0,95	5	6	--	50	50	10		
	3	2	0,75	4	5	20	35	45	10		
	4	8	0,85	7	6	15	25	60	6		
	5	4	0,80	3	7	10	30	60	10		
23	п/ст			9	2					4600	
	1	18	0,95	5	3	10	40	50	6		
	2	24	0,75	7	6	20	40	40	6		
	3	10	0,90	5	6	5	50	45	10		
	4	10	0,90	3	4	20	35	45	10		
	5	6	0,85	3	6	15	45	40	10		
24	п/ст			9	5					5800	
	1	14	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	18	0,85	5	8	15	50	35	6		
	3	10	0,95	4	6	5	35	60	6		
	4	6	0,90	3	8	5	35	60	6		
	5	2	0,90	5	9	10	40	50	6		

25	п/ст 1 2 3 4 5	20 15 25 10 5	0,85 0,75 0,90 0,80 0,95	6 7 5 4 6	1 5 6 7 8	15 15 10 10 5	40 45 50 50 40	45 40 40 40 55	10 6 6 10 10	4300	
26	п/ст 1 2 3 4 5	18 8 10 12 5	0,75 0,9 0,95 0,85 0,80	3 5 6 3 4 6	10 6 5 5 3 3	10 15 15 10 5	45 35 40 50 25	45 50 45 40 70	10 10 6 6 6	3100	
27	п/ст 1 2 3 4 5	20 16 14 12 10	0,75 0,90 0,80 0,87 0,95	2 6 5 7 8 9	7 7 5 4 6 5	15 20 - 15 5	45 40 40 50 50	40 40 45 50 45	10 10 6 6 6	5100	
28	п/ст 1 2 3 4 5	15 9 10 2 4	0,90 0,85 0,75 0,95 0,80	9 6 8 6 4 7	2 5 6 7 7 9	10 15 15 - 5	50 45 35 50 40	40 40 50 50 55	6 6 10 10 10	5400	
29	п/ст 1 2 3 4 5	18 25 10 12 2	0,75 0,90 0,87 0,95 0,80	8 8 9 16 7 5	3 7 8 7 9 8	15 10 10 -- 15	45 50 50 55 40	40 40 40 45 55	10 10 10 6 Б	4700	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
30	п/ст 1 2 3 4 5	12 14 16 6 4	0,75 0,95 0,90 0,80 0,855	2 4 6 7 6 9	2 5 4 6 7 5	20 10 5 10 15	45 35 45 40 45	35 55 50 50 40	6 6 10 6 6	4900	
31	п/ст 1 2 3 4 5	25 16 20 8 4	0,85 0,75 0,90 0,80 0,95	7 5 3 5 7 4	10 6 6 5 5 4	15 15 10 10 5	40 45 50 50 40	45 40 40 40 55	10 6 6 10 6	5000	
32	п/ст 1 2 3 4 5	20 24 16 8 2	0,95 0,80 0,75 0,80 0,90	9 8 7 6 5 5	2 6 8 6 8 5	5 15 20 10 --	45 50 40 35 50	50 35 40 55 50	10 10 6 10 6	5200	
33	п/ст			9	5					5800	

	1	14	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	18	0,85	5	8	15	50	35	6		
	3	10	0,95	4	6	5	35	60	6		
	4	6	0,90	3	8	5	35	60	6		
	5	2	0,90	5	9	10	40	50	6		
34	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
35	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
36	п/ст			9	8					3900	
	1	25	0,75	7	6	20	45	35	10		
	2	20	0,95	9	4	10	35	55	10		
	3	12	0,90	6	2	5	45	50	6		
	4	8	0,85	7	3	15	45	40	10		
	5	4	0,80	9	2	10	40	50	10		
37	п/ст			8	10					5000	
	1	24	0,95	4	8	10	40	50	6		
	2	18	0,75	3	6	20	40	40	6		
	3	10	0,90	6	7	5	50	45	10		
	4	14	0,80	5	5	20	35	45	10		
	5	6	0,85	2	5	15	45	40	10		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
38	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
39	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
40	п/ст			9	10					5800	
	1	18	0,95	6	7	10	40	50	6		
	2	9	0,75	6	5	20	40	40	10		
	3	8	0,90	4	6	5	50	45	10		
	4	10	0,80	5	4	20	35	45	10		
	5	2	0,88	3	5	15	45	40	10		
41	п/ст			9	10					5800	
	1	18	0,95	6	7	10	40	50	6		
	2	9	0,75	6	5	20	40	40	10		

	3	8	0,90	4	6	5	50	45	10		
	4	10	0,80	5	4	20	35	45	10		
	5	2	0,88	3	5	15	45	40	10		
42	п/ст			2	9					6000	
	1	22	0,80	6	7	15	50	35	10		
	2	25	0,95	8	9	5	45	50	6		
	3	14	0,75	8	7	20	40	40	6		
	4	6	0,80	10	8	10	35	55	10		
	5	8	0,90	9	5	-	50	50	10		
43	п/ст			7	10					3900	
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		
	3	20	0,90	5	5	10	50	40	6		
	4	8	0,80	7	5	10	50	40	10		
	5	4	0,95	4	4	5	40	55	6		
44	п/ст			9	5					5800	
	1	14	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	18	0,85	5	8	15	50	35	6		
	3	10	0,95	4	6	5	35	60	6		
	4	6	0,90	3	8	5	35	60	6		
	5	2	0,90	5	9	10	40	50	6		
45	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
46	п/ст			10	3					3800	
	1	12	0,80	6	5	40	30	30	10		
	2	16	0,75	5	6	45	40	25	10		
	3	8	0,90	4	4	40	40	20	6		
	4	10	0,85	3	5	50	30	20	10		
	5	2	0,95	3	7	--	45	25	6		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
47	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
48	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
49	п/ст			8	10					5700	
	1	24	0,75	7	6	15	45	40	10		
	2	14	0,80	5	6	20	40	40	10		
	3	16	0,85	5	4	15	40	45	6		
	4	8	0,90	3	5	—	50	50	6		
	5	2	0,95	7	3	5	50	45	10		
50	п/ст			9	10					5800	
	1	18	0,95	6	7	10	40	50	6		

		2	9	0,75	6	5	20	40	40	10	
		3	8	0,90	4	6	5	50	45	10	
		4	10	0,80	5	4	20	35	45	10	
		5	2	0,88	3	5	15	45	40	10	
51	п/ст				1	2					4000
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
52	п/ст				3	10					5200
	1	18	0,75	5	6	10	45	45	10		
	2	8	0,90	6	5	15	35	50	10		
	3	10	0,95	3	5	15	40	45	6		
	4	12	0,85	4	3	10	50	40	6		
	5	5	0,80	6	3	5	25	70	6		
53	п/ст				1	10					4600
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
54	п/ст				10	8					5500
	1	18	0,80	8	5	20	45	35	10		
	2	8	0,75	6	5	15	45	40	6		
	3	9	0,95	7	3	—	40	60	10		
	4	2	0,95	5	4	10	40	50	6		
	5	5	0,90	5	3	5	45	50	10		
55	п/ст				10	2					4300
	1	16	0,90	5	4	15	45	40	10		
	2	6	0,95	5	6	--	50	50	10		
	3	2	0,75	4	5	20	35	45	10		
	4	8	0,85	7	6	15	25	60	6		
	5	4	0,80	3	7	10	30	60	10		
56	п/ст				1	9					4000
	1	16	0,90	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	12	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,85	5	4	15	25	60	6		
	5	2	0,80	4	2	10	30	60	6		
57	п/ст				7	10					3900
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		
	3	20	0,90	5	5	10	50	40	6		
	4	8	0,80	7	5	10	50	40	10		
	5	4	0,95	4	4	5	40	55	6		
58	п/ст				10	5					4100
	1	25	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	15	0,85	7	7	15	50	35	6		
	3	20	0,95	9	8	5	35	60	6		
	4	10	0,90	7	9	5	35	60	10		
	5	5	0,80	5	7	10	40	50	10		
59	п/ст				7	10					3900
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		

		3	20	0,90	5	5	10	50	40	6	
		4	8	0,80	7	5	10	50	40	10	
		5	4	0,95	4	4	5	40	55	6	
60	п/ст				1	2					4000
		1	20	0,75	5	5	20	50	30	10	
		2	12	0,85	7	4	15	50	35	6	
		3	10	0,95	7	6	5	35	60	10	
		4	4	0,90	9	6	5	35	60	10	
		5	6	0,80	6	7	10	40	50	10	
61	п/ст				7	9					5000
		1	18	0,90	7	6	25	50	25	10	
		2	9	0,87	8	4	20	50	30	6	
		3	8	0,95	5	5	--	45	55	6	
		4	10	0,75	5	3	10	40	50	6	
		5	6	0,80	6	2	15	35	60	10	
62	п/ст				3	4					4100
		1	20	0,90	3	8	15	45	40	10	
		2	15	0,95	5	8	--	50	50	10	
		3	10	0,75	7	6	20	35	45	6	
		4	8	0,85	8	8	15	25	60	10	
		5	2	0,80	7	9	10	30	60	10	
63	п/ст				3	9					4500
		1	16	0,85	5	6	20	40	40	10	
		2	24	0,90	7	5	10	50	40	10	
		3	18	0,95	4	4	--	60	40	6	
		4	9	0,78	6	4	25	45	30	10	
		5	5	0,80	5	2	5	50	45	10	
64	п/ст				9	2					5400
		1	15	0,90	6	5	10	50	40	6	
		2	9	0,85	8	6	15	45	40	6	
		3	10	0,75	6	7	15	35	50	10	
		4	2	0,95	4	7	-	50	50	10	
		5	4	0,80	7	9	5	40	55	10	
65	п/ст				1	2					4000
		1	20	0,75	5	5	20	50	30	10	
		2	12	0,85	7	4	15	50	35	6	
		3	10	0,95	7	6	5	35	60	10	
		4	4	0,90	9	6	5	35	60	10	
		5	6	0,80	6	7	10	40	50	10	
66	п/ст				6	8					3800
		1	15	0,80	6	5	15	50	35	10	
		2	10	0,95	4	5	5	45	50	6	
		3	6	0,75	6	3	20	40	40	10	
		4	4	0,80	4	3	10	35	55	10	
		5	8	0,90	6	2	—	50	50	10	
67	п/ст				1	9					4000
		1	16	0,90	3	5	—	50	50	10	
		2	10	0,95	5	6	10	50	40	6	
		3	12	0,75	3	3	20	35	45	6	
		4	4	0,85	5	4	15	25	60	6	
		5	2	0,80	4	2	10	30	60	6	
68	п/ст				3	10					5200
		1	18	0,75	5	6	10	45	45	10	
		2	8	0,90	6	5	15	35	50	10	

		3	10	0,95	3	5	15	40	45	6	
		4	12	0,85	4	3	10	50	40	6	
		5	5	0,80	6	3	5	25	70	6	
69	П/СТ				2	3					5100
	1	24	0,75		6	5	15	45	40	10	
	2	10	0,80		6	7	20	40	40	10	
	3	14	0,85		8	5	-	40	45	6	
	4	16	0,90		9	6	15	50	50	10	
	5	8	0,95		9	7	5	50	45	10	
70	п/СТ				4	1					
	1	20	0,90		3	5	10	50	40	10	
	2	15	0,85		6	5	15	45	40	10	
	3	12	0,75		4	6	15	35	50	6	
	4	8	0,95		3	7	—	50	50	10	
	5	10	0,80		5	8	5	40	55	10	
71	п/СТ				8	3					4700
	1	18	0,75		8	7	15	45	40	10	
	2	25	0,90		9	8	10	50	40	10	
	3	10	0,87		16	7	10	50	40	10	
	4	12	0,95		7	9	--	55	45	6	
	5	2	0,80		5	8	15	40	55	6	
72	п/СТ				9	3					4200
	1	16	0,80		8	7	20	50	30	6	
	2	25	0,87		6	8	25	45	30	6	
	3	16	0,90		5	6	5	40	55	6	
	4	8	0,75		7	9	10	45	45	6	
	5	5	0,85		9	8	15	40	40	6	
73	п/СТ				3	4					4100
	1	20	0,90		3	8	15	45	40	10	
	2	15	0,95		5	8	--	50	50	10	
	3	10	0,75		7	6	20	35	45	6	
	4	8	0,85		8	8	15	25	60	10	
	5	2	0,80		7	9	10	30	60	10	
74	п/СТ				6	1					4300
	1	20	0,85		7	5	15	40	45	10	
	2	15	0,75		5	6	15	45	40	6	
	3	25	0,90		7	7	10	50	40	6	
	4	10	0,80		4	7	10	50	40	10	
	5	5	0,95		6	8	5	40	55	10	
75	п/СТ				2	2					4900
	1	12	0,75		4	5	20	45	35	6	
	2	14	0,95		6	4	10	35	55	6	
	3	16	0,90		7	6	5	45	50	10	
	4	6	0,80		6	7	10	40	50	6	
	5	4	0,855		9	5	15	45	40	6	
76	п/СТ				3	4					4100
	1	20	0,90		3	8	15	45	40	10	
	2	15	0,95		5	8	--	50	50	10	
	3	10	0,75		7	6	20	35	45	6	
	4	8	0,85		8	8	15	25	60	10	
	5	2	0,80		7	9	10	30	60	10	
77	п/СТ				1	10					4600
	1	20	0,90		4	7	10	50	40	10	



		2	16	0,85	6	7	15	45	40	10	
		3	12	0,75	3	5	15	35	50	6	
		4	10	0,95	5	5	--	50	50	6	
		5	6	0,80	6	3	5	40	50	6	
78	п/ст				6	8					3800
	1	15	0,80	6	5	15	50	35	10		
	2	10	0,95	4	5	5	45	50	6		
	3	6	0,75	6	3	20	40	40	10		
	4	4	0,80	4	3	10	35	55	10		
	5	8	0,90	6	2	—	50	50	10		
79	п/ст				4	2					5900
	1	24	0,87	3	6	25	50	25	10		
	2	18	0,75	6	6	20	40	40	10		
	3	10	0,90	5	7	10	50	40	6		
	4	8	0,95	4	9	—	50	50	10		
	5	6	0,80	6	9	5	40	55	6		
80	п/ст				9	2					5200
	1	20	0,95	8	6	5	45	50	10		
	2	24	0,80	7	8	15	50	35	10		
	3	16	0,75	6	6	20	40	40	6		
	4	8	0,80	5	8	10	35	55	10		
	5	2	0,90	5	5	--	50	50	6		
81	п/ст				6	1					4300
	1	20	0,85	7	5	15	40	45	10		
	2	15	0,75	5	6	15	45	40	6		
	3	25	0,90	7	7	10	50	40	6		
	4	10	0,80	4	7	10	50	40	10		
	5	5	0,95	6	8	5	40	55	10		
82	п/ст				8	9					5100
	1	15	0,75	6	6	25	50	25	10		
	2	8	0,90	4	7	10	50	40	6		
	3	10	0,80	2	6	15	45	40	6		
	4	14	0,87	2	4	15	45	40	6		
	5	5	0,95	6	4	--	50	50	6		
83	п/ст				1	10					4600
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
84	п/ст				3	9					4500
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
85	П/ст				2	3					5100
	1	24	0,75	6	5	15	45	40	10		
	2	10	0,80	6	7	20	40	40	10		
	3	14	0,85	8	5	-	40	45	6		
	4	16	0,90	9	6	15	50	50	10		
	5	8	0,95	9	7	5	50	45	10		

## ПРИМЕР РАСЧЕТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Если курсовой проект дан по вариантам, то он выполняется в следующем виде:

Дано:  $P_1=20$  [МВт];  $P_2=12$  [МВт];  $P_3=10$  [МВт];  $P_4=4$  [МВт];  $P_5=6$  [МВт];  
 $\cos\varphi_1=0,75$ ;  $\cos\varphi_2=0,85$  ;  
 $\cos\varphi_3=0,95$  ;  $\cos\varphi_4=0,9$  ;  $\cos\varphi_5=0,8$ .

### Определяем реактивную мощность.

$$Q=UI\sin\varphi$$

Если  $S=UI$  то  $Q=S\sin\varphi$

$$S_1=P_1/\cos\varphi_1=20/0,75=26,7 \text{ [МВА]} ; Q_1=S_1\sin\varphi=26,7*0,52=17,6 \text{ [Мвар]}$$

Здесь: если  $\cos\varphi=0,75$  то  $\sin\varphi=0,52$  ;

$$\text{Точно также: } S_2=14 \text{ [МВА]} ; S_3=10,5 \text{ [МВА]} ; S_4=4,4 \text{ [МВА]} ; S_5=7,5 \text{ [МВА]} ;$$

$$Q_2=7,3 \text{ [МВАР]} ; Q_3=3,2 \text{ [МВАР]} ; Q_4=2 \text{ [МВАР]} ; Q_5=4,5 \text{ [МВАР]}.$$

Из вычисления можно определить полную мощность :

$$S_1=P_1+JQ_1=20+J17,6 \text{ [МВА]} ; S_2=P_2+JQ_2=12+J7,3 \text{ [МВА]} ;$$

$$S_3=P_3+JQ_3=10+J3,2 \text{ [МВА]} ;$$

$$S_4=P_4+JQ_4=4+J2 \text{ [МВА]} ; S_5=P_5+JQ_5=6+J4,5 \text{ [МВА]}$$

Теперь вычисляем равновесие активной и реактивной мощности:

$$\sum P_r = \sum P_n + \Delta P_{\text{сеть}} + P_{\text{рез}} = 52 + 4,2 + 5,2 = 61,4 \text{ [МВт]}$$

$$\text{Здесь: } \sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 20 + 12 + 10 + 4 + 6 = 52 \text{ [МВт]}$$

$$\Delta P_{\text{сеть}} = (6 \div 10) \% \sum P_n = 8 \% / 100 * 52 = 4,2 \text{ [МВт]} ;$$

$$P_{\text{рез}} = 10 \% \sum P_n = 10 \% / 100 * 52 = 5,2 \text{ [МВт]} ;$$

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} ;$$

$$\text{Здесь: } \sum Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 17,6 + 7,3 + 3,2 + 2 + 4,5 = 34,6 \text{ [МВАР]} ;$$

$$\sum Q_{\text{тр}} = 10 \% \sum S_n = 10 \% / 100 * 62,4 = 6,2 \text{ [МВАР]} ;$$

$$S_n = P_n + JQ_n = \sqrt{P_n^2 + Q_n^2} = \sqrt{52^2 + 34,6^2} = 62,4 \text{ [МВА]} ;$$

$$Q_{\text{рез}} = 10 \% \sum Q_n = 10 \% / 100 * 34,6 = 3,5 \text{ [МВАР]} ;$$

$$\sum Q_r = \sum P_r \operatorname{tg}\varphi_r = 61,4 * 0,64 = 39,2 \text{ [МВАР]} ;$$

$$\cos\varphi_r = (\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2 + \cos\varphi_3 + \cos\varphi_4 + \cos\varphi_5) / 5 = (0,75 + 0,85 + 0,95 + 0,9 + 0,8) / 5 = 0,84$$

4

или когда  $\cos\varphi_r=0,84$  то  $\operatorname{tg}\varphi_r=0,64$  ;

$$Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_r = 34,6 + 6,2 + 3,5 - 39,2 = 5,1 \text{ [МВАР]}$$

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} ;$$

$$39,2 + 5,1 = 34,6 + 6,2 + 3,5 - 44,3 = 44,3 \text{ [МВАР]} ;$$

### Определяем точек распространения мощности.

Для определения точки нужно начертить 10-12 конфигураций, учитывая нагрузку, расстояние, и категорию потребителя. Из них выбирают два оптимальных варианта.

Выбранную круглую сеть вычислим в расправленном виде:

$$L_{A-1}=35 \text{ км} ; l_{1-3}=15 \text{ км} ; l_{3-5}=25 \text{ км} ; l_{5-4}=10 \text{ км} ; l_{4-2}=20 \text{ км} ; l_{2-A}=30 \text{ км} ;$$

$$\sum l = 135 \text{ км.}$$

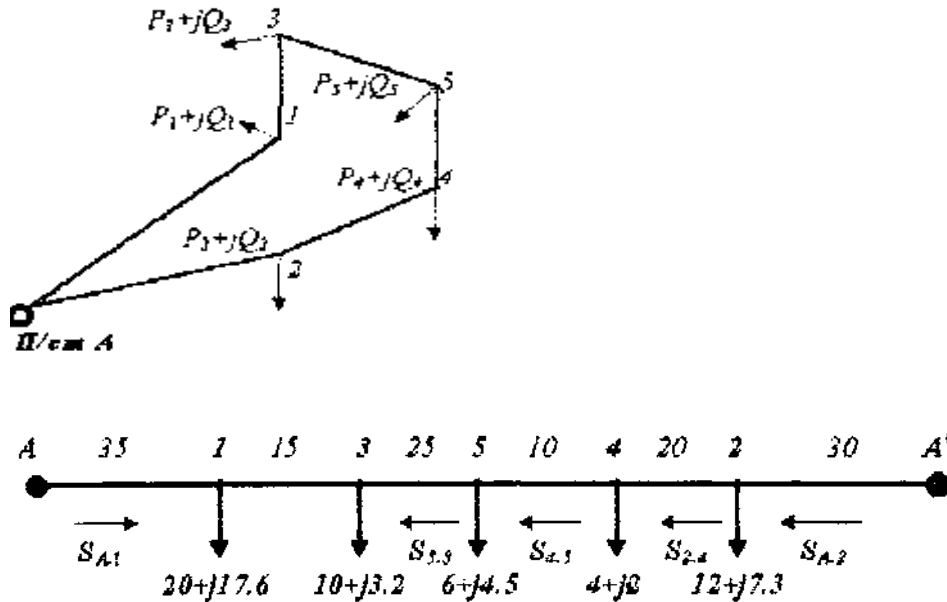


Рис -4.

$$S_{A-1} = \{(20+j17,6)35+(10+j3,2)50+(6+j4,5)75+(4+j2)85+(12+j7,3)105\}/135 = \\ = (3250+J2050)/135 = 24,1+J15,2 \text{ [MBA]};$$

Мощность, переходящая от первого к третьему пользователю:  $S_{1-3} = S_{A-1} - S_1 = 24,1+j15,2 - (20+j17,6)$  если не удовлетворяет расчет, то вычисляется  $S_{A-2}$  мощность:

$$S_{A-2} = \{(12+j7,3)30+(4+j2)50 + (6+j4,5)60+(10+j3,2)85+(20+j17,6)100\}/135 = 27,9+j19,4 \text{ [ MBA]};$$

$$S_{2-4} = S_{A-2} - S_2 = 27,9+J19,4 - (12+J7,3) = 15,9+J12,1 \text{ [ MBA]};$$

$$S_{4-5} = S_{2-4} - S_4 = 15,9+j12,1 - (4+j2) = 11,9+j10,1 \text{ [ MBA]};$$

$$S_{5-3} = S_{4-5} - S_5 = 11,9+j10,1 - (6+j4,5) = 5,9+j5,6 \text{ [MBA]};$$

$$S_{3-1} = S_{5-3} - S_3 = 5,9+j5,6 - (10+j3,2).$$

Вычисление тоже не удовлетворяет.

Из-за этого, точки распространения мощности 1 и 3 будут у потребителя.

Выбираем номинальное напряжение для планируемой сети.

Пользуясь 13 таблицей, заполняем следующую таблицу.

Расположение Потребителей.	Вычисленная нагрузка		$\ell$ (км)	$U_H$ (кВ)
	P+JQ (MBA)	S (MBA)		
A-1	24,1+J15,2	28,4	35	110
A-2	27,9+J19,4	34	30	110
2-4	15,9+J12,1	20	20	110
4-5	11,9+J10,1	15,6	10	110
5-3	5,9+J5,6	8	25	110

**Выбираем силовые трансформаторы.**

Выбираем силовые трансформаторы для пользователей и вычисляем их потери.

$$П/ст-1 S_H = P_1 + JQ_1 = 20 + J17,6 = 26,7 \text{ [МВА]}$$

Если  $\cos\varphi = 0,75$ ; то  $\operatorname{tg}\varphi = 0,88$  будет.

Здесь:  $\cos\varphi < \cos\varphi_H = 0,95$

Из-за этого выбираем покрытие для реактивной мощности, конденсаторные батареи.

Определяем мощность покрытия реактивной мощности:

$$Q_K = P_1(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_H) = 20(0,88 - 0,33) = 1,1 \text{ [МВар]}$$

Как для найденной мощности, покрытие конденсатору выберем из 8 таблицы.

$$Q'_K = 2 * 500 = 10000 \text{ [КВар]}$$

Полная вычислительная мощность пользователя после компенсации:  $S_X = \sqrt{P_1^2 + (Q_1 - Q_{KY})^2} = \sqrt{20^2 + (17,6 - 10)^2} = 21,4 \text{ [МВА]}$ ;

Его коэффициент мощности:  $\cos\varphi = P_1 / S_X = 20 / 21,4 = 0,94$ .

В соответствии с вычисленной полной мощности, выбираем понижающий трансформатор.

Особое внимание, уделяется на категорию потребителя при выборе трансформатора. С таб. 9 выберем двух обмоточный трех фазный трансформатор. ТДН-16/110.

Его коэффициент нагрузки:

$$K_H = S_H / nS_{HT} = 21,4 / 2 * 16 = 0,67.$$

Запишем паспортные данные выбранного трансформатора.

$S_{HT} = 16 \text{ [МВА]}$ ;  $U_{HK} = 110 \text{ [КВ]}$ ;  $U_{HK} = 10 \text{ [КВ]}$ ;  $\Delta P_{KT} = 19 \text{ [КВт]}$ ;  $\Delta P_0 = 85 \text{ [КВт]}$ ;  $I_0 = 0,7\%$ ;

$U_K \% = 10,5\%$ ;  $R_\tau = 4,38 \text{ [ОМ]}$ ;  $X_\tau = 87 \text{ [ОМ]}$ ;  $K_\tau = 63$  тыс. Сум. (свободная цена).

Вычисляем потери энергии и мощность выбранного трансформатора.

$$\Delta P_\tau = 1/n\Delta P_K (S_H/S_{HT})^2 + n\Delta P_0 = 1/2 * 85(21,4/16)^2 + 2 * 19 = 0,11 \text{ [МВт]};$$

$$\Delta Q_\tau = U_K \% S_H^2 / n 100S_{HT} + nI_0 \% S_{HT} / 100 = 10,5 * 21,4^2 / 2 * 100 * 16 + 2 * 0,7 * 16 / 100 = 1,5 \text{ [МВар]};$$

Потеря энергии:

$$\Delta \tau = 1/n\Delta P_K (S_H/S_{HT})^2 \tau + n\Delta P_0 T_{год} = 1/2 * 85(21,4/16)^2 2000 + 2 * 19 * 8760 = 485$$

[Мвт.час/год].

Здесь:  $T_{иб} = 4000 \text{ с}$ ;  $\tau = 2000 \text{ с}$ ;  $T_{год} = 8760 \text{ с}$ . Берется из таблицы-10.

Полная потеря мощности:

$$\Delta S_{тр} = \Delta P_{тр} + J\Delta Q_{тр} = 0,11 + J1,5 \text{ [МВт]};$$

Принимая во внимание потребляемый мощность трансформатора и потери:

$$S_{тр}^{ввод} = S_H + \Delta S_{тр} = 20 + J17,6 + 0,11 + J1,5 = 20,1 + J19,1 \text{ [МВт]};$$

Выбор и вычисления других трансформаторов выполняется по 5 таб.

Наимен. П/ст	Полная нагрузка		Вид тр-ра и мощность	$K_H$	$S_{H1}$ мва	$\Delta P_K$ КВт	$\Delta P_0$ КВт	$U_K$ %	$I_0$ %	$R_1$ ОМ	$X_1$ ОМ
	$P+JQ$ мва	$S_H$ мва									

n-1	20+J(17,6-	21,4	2*ТДН-	0,67	16	85	19	10,5	0,7	4,4	87
n-2	10)		16/110								
n-3											
n-4											
n-5											

Наим. Подст.	$K_1$	$\Delta P_1$	$\Delta Q_1$	$\Delta A_1$	$\Delta S_1$	$S_{тр}^{ввод}$
	тыс/су м	МВт	Мвар	МВт с/год	мва	мва
n-1	63	0,11	1,5	485	0,1+J1,5	20,1+J19,1
n-2						
n-3						
n-4						
n-5						
	$\sum K_{тр}$			$\sum A_{тр}$		

Смотря на расчеты в таблице, цена и сумма потерь энергии трансформаторов

будет:  $\sum K_{тр}=300$  тыс. Сум;  $\sum \Delta A_{тр}=1855$  МВт. с/год.

Выбираем площадь поперечного сечения провода для сетей и вычисляем потери у них.

Дорога электропередач А-1.

$$S_{ю} = 24 + J15,2 = 28,4 \text{ [MBA]}$$

Вычислим рабочий ток потребителя:

$$I_U = S_{ю} / \sqrt{U_H} = 28,4 * 10^3 / 110 \sqrt{3} = 146 \text{ [A]}$$

Площадь поперечного сечения провода, который соответствует рабочему току, берем из 11 таб.

В процессе выбора принимаем железобетонные опоры. АС-70.

Его мощность  $U_H = 110$  (кВ). Разрешенный ток  $I_{раз} = 265$  [А];  $I_H < I_{раз}$  или  $265 > 146$  [А]; удовлетворяет.

Паспортные данные выбранного провода записывают из 11 таб.

$$F = 70 \text{ мм}^2; r_0 = 0,43 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}; t = 35 \text{ км};$$

Цена 1 км. провода  $K = 12$  тыс. Сум.

Общая цена  $\sum K = tK = 35 * 12 = 420$  м Сум.

$$B_0 = 2,8 * 10^6 \text{ см/км}; B = b_0 * t = 2,8 * 10^6 * 35 = 98 * 10^6 \text{ Ом/км};$$

Вычисляем потери напряжения :

$$\Delta U = (PR + QX) / U_H = (24 * 15,1 + 15,2 * 14) / 110 = 5,2 \text{ [кВ]};$$

Здесь:  $R = Rr_0 * t = 0,43 * 35 = 15,1$  [Ом];

$$X_0 = x \cdot l = 0,4 \cdot 35 = 14 \text{ [OM]};$$

$$\Delta U \% = 100 \% \Delta U / U_H = 100 \% 5,2 / 110 = 4,7 \% ; \Delta U \% = 4,7 \% < 5 \% ;$$

Вычисляем на линиях потери энергии и мощности:

$$S_{\text{тр}}^{\text{ввод}} = 20,1 + j19,1 \text{ [MBA]}$$

$$S_{\text{л}}^{\text{л}} = S_{\text{тр}}^{\text{ввод}} - \Delta Q_c = 20,1 + j19,1 - 1,2 = 20,1 + j19 \text{ [MBA]}$$

Здесь:  $\Delta Q_c = BU_H^2 = 98 \cdot 10^6 \cdot 110^2 = 1,2 \text{ [Мвар]}$

Потеря активной мощности:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P^{\text{л}2} + Q^{\text{л}2})R / U_H^2 = 955 \text{ [КВТ]} = 0,96 \text{ [МВт]};$$

Потеря реактивной мощности:

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P^{\text{л}2} + Q^{\text{л}2})X / U_H^2 = 885 \text{ [кВАР]} = 0,89 \text{ [Мвар]}$$

$$\Delta S_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} + j\Delta Q_{\text{л}} = 0,96 + j0,89 \text{ [MBA]};$$

Вычисляем потери энергии на линии.

$$\Delta A = \Delta P_{\text{л}} \tau = 0,96 \cdot 2000 = 1960 \text{ МВт.с/год.}$$

Вычисления и выбор провода для других линий выполняется по 6 таб.

Линии электропередач и	Расчет нагрузки		$I_B$	Марка провода	$I_{\text{п аз}}$ А	$r_0$ Ом/км	$x_0$ Ом/км	I к м	R Ом	X Ом	K <sub>л</sub> Тыс. сум
	$P_{\text{л}} + jQ_{\text{л}}$ MBA	$\mathcal{E}_{\text{л}}$ MBA									
A-1 A <sup>1</sup> -2 2-4 4-5 5-3	24+j15, 2	28, 4	146	АС- 70	26 5	0,43	0,4	35	15,1	14	12

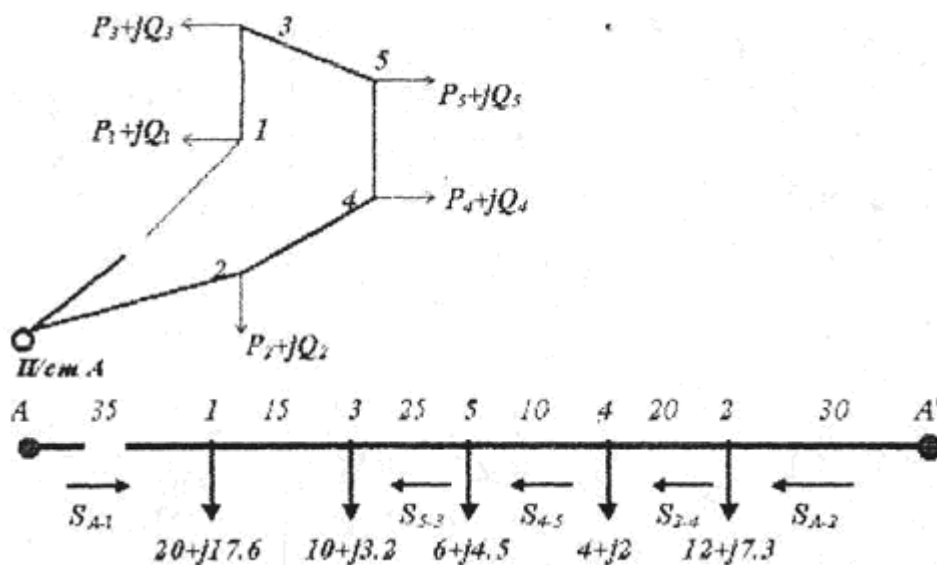
Линии электропередач	$\sum K_{\text{л}}$	$\Delta U$	$b_0$	B	$\Delta Q_{\text{л}}$	$S_{\text{тр}}^{\text{ввод}}$	$\Delta P_{\text{л}}$	$\Delta Q_{\text{л}}$	$\Delta S_{\text{л}}$	$\Delta A_{\text{л}}$
	Тыс. сум	%	См/км	Ом/км	Мвар	MBA	мВт	мвар	MBA	МВт. ч/год
A-1 A <sup>1</sup> -2 2-4 4-5 5-3	42 0	4,7	2,8	98	12	20,1+j19, 1	0,9 6	<b>0,89</b>	0,96+j 0,89	1960
	$\sum K$									$\sum A$

В результате вычисления сумма потери энергии и полная стоимость линии будет:

$$\sum K_{л} = 2112 \text{ млн. Сум} \quad \sum \Delta A_{л} = 10192 \text{ МВт. час/год}$$

**Проверка выбранного провода для сети на аварийное состояние.**

Для проверки аварийного состояния провода нужно рассоединить дальнюю линию т.е.



**Рисунок-5**

$$S_{A-2} = \{(12+j7,3)30 + (4+j2)50 + (6+j4,5)60 + (10+j3,2)85 + (20+j17,6)100\} / 100 = (3770 + j2621) / 100 = 37,7 + j26,2 = 45,9 \text{ МВА};$$

$$\text{Рабочий ток при аварии } I_U = S_{A-2} / \sqrt{3} U_H = 45,9 * 10^3 / 100 \sqrt{3} = 241 \text{ А.}$$

Смотря на итоги рабочего тока, выбирается провод АС-70. Разрешённый ток для выбранного провода:

$$I_{раз} = 265 \text{ А}; \quad I_{раз} \geq I_{и} \quad \text{или} \quad 265 \geq 241 \text{ А.}$$

Провод, выбранный при аварии, сопоставляется в нормальной линии. Если не подходит нужно выбрать другой стандартный провод.

**Технически - экономические вычисления электрических сетей и системы.**

Расходы потери в сети:

$$C_{\Delta A} = \sum \Delta A_{сеть} C_0 = 4441 * 10^3 * 2 = 8,9 \text{ млн. Сум.}$$

Здесь:  $C_0 = 2$  Сум (свободная цена) цена 1 кВт .час электра энергии.

$\sum \Delta A_{л\text{эп}} \sum \Delta A_{п/ст}$  - значения берутся из 5,6 таблицы.

Потери по всей сети такие:

$$\sum C_{сеть} = C_{\Delta A} + C_{л\text{эп}} + C_{п/ст} = 8900 + 46 + 32 = 8,98 \text{ млн. Сум.}$$

$$\text{Здесь: } C_{л\text{эп}} = P \sum K_{л} = 2,8\% * 1653 = 46 \text{ тыс. Сум};$$

$C_{п/ст} = P_{п/ст} \sum K_{п/ст} = 9,4 * 343 = 32$  тыс. Сум;  
 $P_{л}, P_{п/ст}$ - выделенные средства для амортизаций; % берется из таблицы 12.  
 $\sum K_{л} \sum K_{п/ст}$ - цена линии и подстанций берется из таблицы 9,11 .  
 Приведенные расходы:  $Z = \sum C_{сеть} + E_n \sum K_{сеть} = 8980 + 0,15 * 1996 = 9,3$  млн. Сум.  
 $E_n = 0,12 - 0,15$ -нормативный коэффициент.

Вычисления при планировании курсового планирования в выше указанном порядке считаются оптимальным вариантом и в итоге технически - экономические показатели пишутся в 7 таб.

	1-вариант	2-вариант
$\sum K_{сеть}$ млн.Сум $\sum \Delta A_{сеть}$ мВт. час/год $\sum \Delta U_{сеть}$ млн.Сум 3, млн. Сум		

На таблице-7 пишется, технико-экономические показатели проекта и сравнивается с 2-вариантом, и пишутся заключительные мысли проектора. И потом чертят однолинейную схему и схему замещения. Защищая, свой проект на основе чертежа получают оценку.



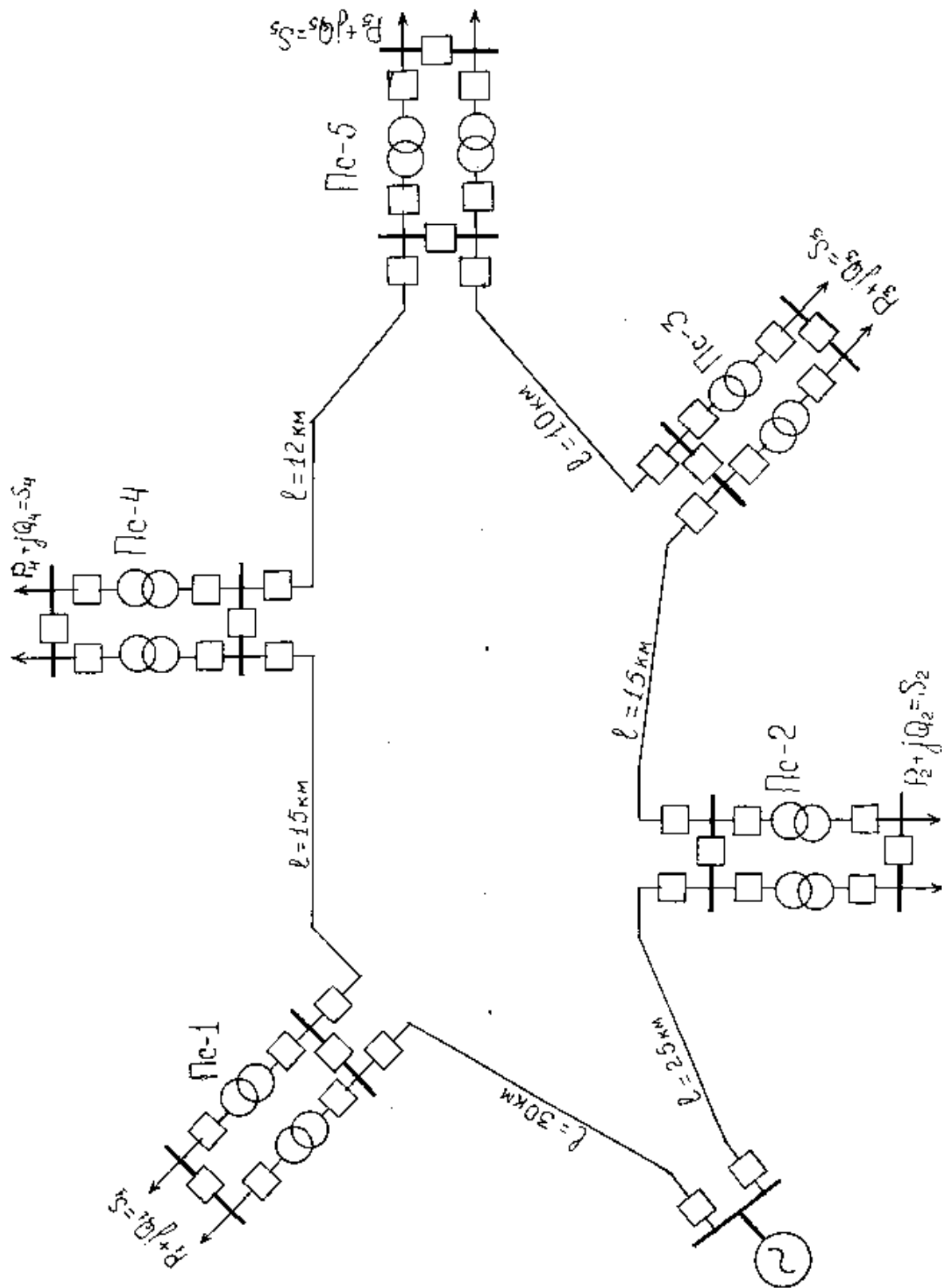


Рис – 6. Схема однолинейной замкнутой электрической сети.

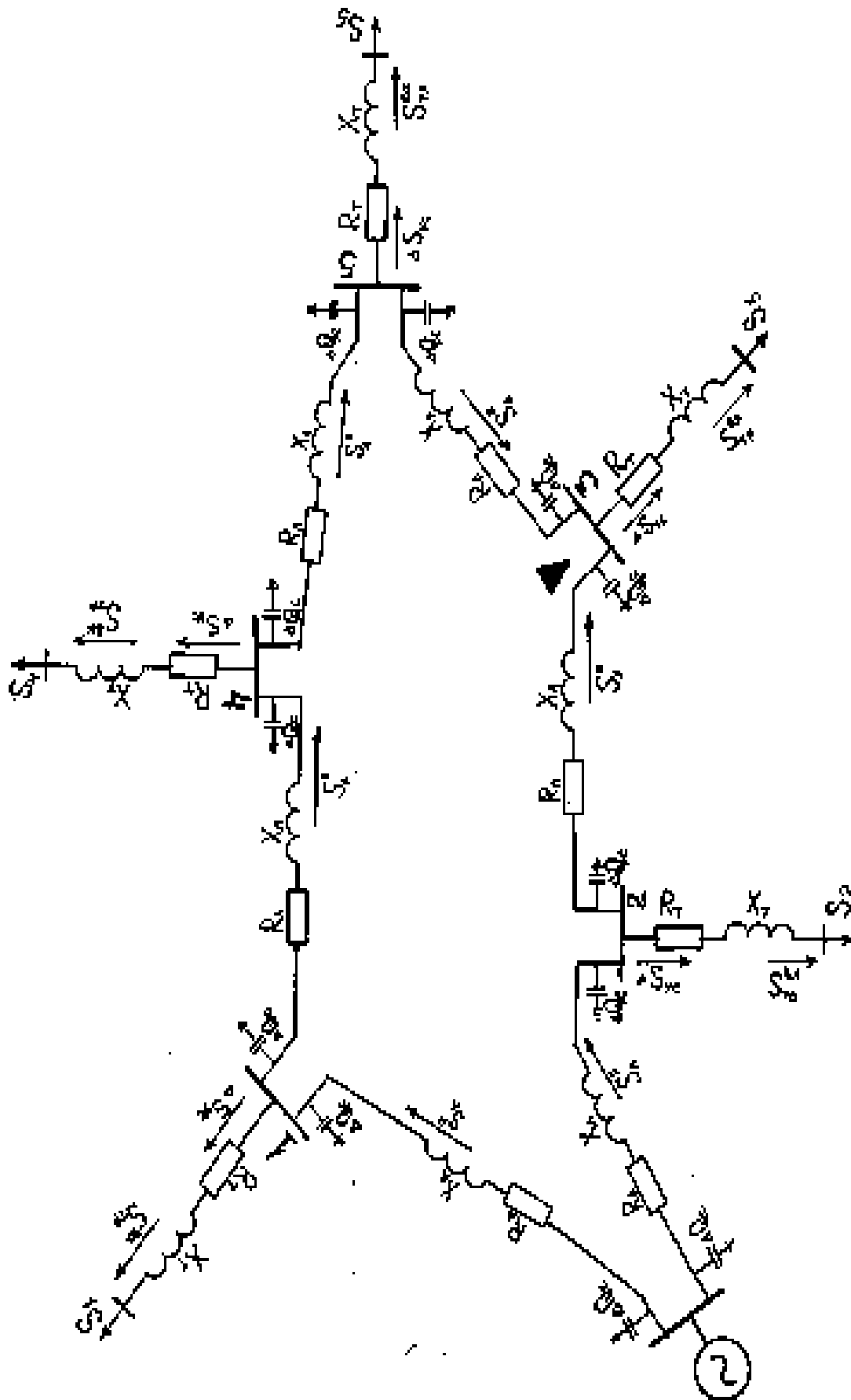


Рис – 7. Схема замещения замкнутой электрической сети.

**Дополнительные сведения о выполнении курсового проекта  
Установка конденсатора.**

Вид и мощность Q (кВар)	ЦЕНА К (Тыс. Сум)	Вид и мощность Q (кВар)	Цена К (Тыс. Сум )
ККУ-0,38-1;80	1,08	КК-6-1;330	2,16
ККУ-0,38-3;160	1,92	КУ-6-2;500	3,06
ККУ-0,38-5;260	2,96	КУ-10-1;300	2,18
ККН-6-2;420	2,22	КУ-10-2;500	3,07
КУН-10-2;400	2,32		

Двух или трех обмоточные трансформаторы, автотрансформатор.

Таблица №9

Вид	Ном. мощ- ност ь S <sub>н</sub>	Номин. Напряжение.			Потеря мощност и		К.Т. напряжение			Ток хол ост ого ток а	Цена К МЛН.Сум.
		КВА	U <sub>н</sub>	U <sub>у</sub>	U <sub>н</sub>	ΔP	ΔP <sub>к.т</sub>	U- ю	U-ў		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТМ-25/6-10	25	6;10	-	0,4	0,17	0,6	-	4,5	-	3,2	0,96
ТМ-40/6-10	40	6;10	-	0,4	0,24	0,88	-	4,5	-	3,0	1,0
ТМ-63/6-10	63	6;10	-	0,4	0,36	1,28	-	4,5	-	2,8	1,1
ТМ-100/6-10	100	6;10	-	0,4	0,49	1,97	-	4,5	-	2,6	1,22
ТМ-160/6-10	160	6;10	-	0,4	0,73	2,65	-	4,5	-	2,4	1,54
ТМ-250/6-10	250	6;10	-	0,4	0,94	3,7	-	4,54, 5	-	2,3	1,93
ТМ-400/6-10	400	6;10	-	0,4	1,2	5,5	-	4,5	-	2,1	2,7
ТМ-630/6-10	630	6;10	-	0,4	1,56	8,5	-	5,5	-	2,0	3,6
ТМ-1000/6-10	1000	6;10	-	0,4	2,45	12,2	-	5,5	-	1,4	4,8
ТМ-1600/6-10	1600	6;10	-	0,4	3,3	18	-	5,5	-	1,3	6,6
ТМ-2500/6-10	2500	6;10	-	0,4	4,6	25	-	5,5	-	1,0	8,98
ТМ-4000/6-10	4000	6;10	-	0,4	6,4	33,5	-	6,5	-	0,9	12,47
ТМ-6300/6-10	6300	6;10	-	0,4	9,0	46,5	-	6,5	-	0,8	16,43
ТМ-100/35	100	35	-	0,4	0,46	1,97	-	6,5	-	2,6	1,87
ТМ-160/35	160	35	-	0,4	0,7	2,65	-	6,5	-	2,4	2,59

TM-250/35	250	35	-	0,4	1,0	3,7	-	6,5	-	2,3	2,93
TM-400/35	400	35	-	0,4	1,35	5,5	-	6,5	-	2,1	3,7
TM-630/35	630	35	-	0,4	1,9	7,6	-	6,5	-	2,0	4,99
TM-1000/35	1000	35	-	0,4	2,75	12,2	-	6,5	-	1,5	6,87
TM-1600/35	1600	35	-	0,4	3,65	18,0	-	6,5	-	1,4	8,82
TM-2500/35	2500	35	-	0,4	5,1	25	-	6,5	-	1,1	11,84
TM-4000/35	4000	35	-	0,4	6,7	33,5	-	7,5	-	1,0	15,48
TM-6300/35	6300	35	-	0,4	9,4	46,5	-	7,5	-	0,9	19,62
TMH-1000/35	1000	35	-	6,3-11	2,75	11,6	-	6,5	-	1,5	9,5
TMH-1600/35	1600	35	-	6,3-11	3,65	16,5	-	6,5	-	1,4	10,6
TMH-2500/35	2500	35	-	6,3-11	5,1	23,5	-	6,5	-	1,1	12,8
TMH-4000/35	4000	35	-	6,3-11	6,7	33,5	-	7,5	-	1,0	16,2
TMH-6300/35	6300	35	-	6,3-11	9,4	46,5	-	7,5	-	0,9	21
TMH-10000/35	10000	35	-	6,3-11	14,5	65	-	7,5	-	0,8	28,3
TMH-2500/110	2500	110	-	6,3-11	6,5	22	-	10,5	-	1,5	29,5
TMH-4000/110	4000	115	-	6,3-11	6,8	25	-	10,5	-	1,6	36,8
TMH-6300/110	6300	115	-	6,3-11	17,5	50	-	10,5	-	1,0	38,4
ТДН-10000/110	10000	115	-	6,3-11	18	60	-	10,5	-	0,9	43,6
ТДН-16000/110	16000	115	-	6,3-11	26	90	-	10,5	-	0,8 5	53
ТРДН-25000/110	25000	115	-	6,3-10,5	30	120	-	10,5	-	0,7 5	65
ТРДН-32000/110	32000	115	-	6,3-10,5	40	145	-	10,5	-	0,7	73,4
ТРДН-40000/110	40000	115	-	6,3-10,5	50	160	-	10,5	-	0,6 5	82,2
ТРДЦН-6300/110	63000	115	-	6,3-10,5	70	245	-	10,5	-	0,6	105
ТРДЦН-80000/110	80000	115	-	6,3-10,5	85	310	-	10,5	-	0,5 5	118,2
ТРДН-32000/220	32000	230	-	6,3-10,5	53	167	-	12	-	0,9	110
ТРДЦН-63000/220	63000	230	-	6,3-10,5	82	300	-	12	-	0,8	153

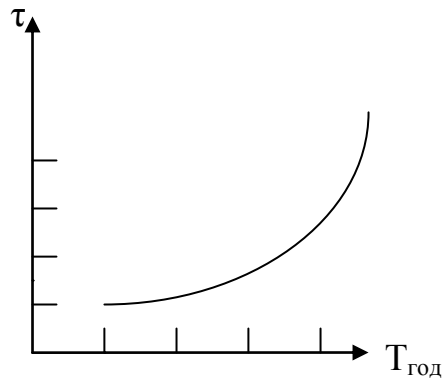
ТРДЦН-160000/220	160000	230	-	6,3-11	167	525	-	12	-	0,6	210
ТМТН-6300/35	6300	35	10,5	6,3	12	55	7,5	7,5	16	1,2	31
ТМТН-6300/110	6300	115	38,5	6,6-11	17	60	10,5	17	6	0,85	47,5
ТДТН-10000/110	10000	115	38,5	6,6-11	23	80	10,5	17	6	1,1	56,3
ТДТН-16000/110	16000	115	38,5	6,6-11	26	105	10,5	17	6	1,05	68,2
ТДТН-25000/110	25000	115	38,5	6,6-11	45	145	10,5	17	6	1,0	75,4
ТДТН-40000/110	40000	115	38,5	6,6-11	63	230	10,5	17	6	0,9	83,7
ТДТН-63000/110	63000	115	38,5	6,6-11	70	310	10,5	17	6	0,85	107,2
ТДТН-80000/100	80000	115	38,5	6,6-11	102	390	10,5	17	6,5	0,8	135
АТДГН-32000/220	32000	230	121	6,3-11-38,5	30	200	10,9	16	10,3	0,35	210
АТДЦГН-63000/220	63000	230	121	6,3-11-38,5	34	370	12,6	18,5	13,1	0,25	280
АТДЦТН-125000/220	125000	230	121	6,3-11-38,5	85	290	11	31	19	0,5	320
АТДЦТН-200000/220	200000	230	121	6,3-11-38,5	125	430	11	32	20	0,5	405

Таблица №10.

Смена	Т <sub>В</sub> с	Т <sub>М</sub> с	τ <sub>0</sub>	
			Cosφ=0,8	Cosφ=1
I				
II	2000	1500	650÷950	500÷700
III	4000	2500	1250÷2400	950÷2050
He	6000	4500	2900÷4550	2500÷4000
переривно	8760	6500	5200÷7500	4500÷7000

Определить на основе графика и формулы.

$$\tau = [0,124 + T_{н6} / 10000]^2 * T_{год}$$



Вид АС	Номинал.	$r_0$		
Площадь поперечного сечения $Мм^2$ алюмин/сталь	Разрешенный ток. $I_{дд}, А$	Ом, км	10 кв.	35 кв.
	16		105	1,96
25	130	1,27	2,2	-
35/6,2	175	0,91	2,3	-
50,8	210	0,63	2,5	-
70/11	265	0,45	-	8,2
95/16	330	0,33	-	9,4
120/19	380	0,27	-	10,3
150/19	445	0,21	-	10,9
185/24	510	0,17	-	-
240/32	610	0,13	-	-

Тип провода А – алюминия	$I_{дд}$ А	$r_0$ Ом·км	k т.сум	k т.сум
16	105	1,96	2,1	-
25	135	1,27	2,4	-
35	170	0,91	2,4	3,2
50	215	0,63	2,4	3,3
70	265	0,45	2,7	3,4
95	320	0,33	3,1	3,6

Коэффициент амортизации.

Таблица-12

Название элементов сетей.	Амортизация $P_a$ %	Услуга и Установка $P_p+P_0$	Общая сумма $\Sigma P$ %
Железо и железобетонные воздушные опоры с напряжением 20 кв. От 30кв до220кв	3,6	0,3	3,9
	2,5	0,3	2,8
Электротехнические приборы принадлежн. (трансформатор)			
До 20 кв.	6,4	4	10,4
До 220 кв.	6,4	3	9,4

Выбрать напряжение.

Таблица-13

$l$ р	10	20	30	40	50	60
1000	35	35	35	35	35	35
2000	35	35	35	35	35	110
3000	35	35	35	35	110	110
4000	35	35	35	110	110	110
5000	35	35	110	110	110	110
6000	35	110	110	110	110	110
7000	35	35	110	110	110	110
8000	110	110	110	110	110	110
9000	110	110	110	110	110	110
1000	110	110	110	110	110	110

### Основные и дополнительные литературы:

- 1.Идельчик Б.И. Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 Электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Энергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Энергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев ВА. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЭИ.-М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
9. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами . /ПодЎқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

### Дополнительные литературы

- 1."Электр тармоқлари ва системалари" фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Ғайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойиҳасини бажариш учун ўқув-услубий қўлланма. Навоий 2005й.
1. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, Энергия ., 1977
2. Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
3. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
4. Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)
5. Сайт: [www.uzenergy.uzpak.uz](http://www.uzenergy.uzpak.uz)



**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



# **П Р И Л О Ж Е Н И Е**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ  
ВАЗИРЛИГИ**

Руйхатга олинди  
№ БД-310200 – 2.13  
2017 йил “2” 06



**ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИ ВА ТИЗИМЛАРИ**

**ФАН ДАСТУРИ**

Билим соҳалари:	Таълим	100.000 - Гуматинар соҳа; 300.000 - Ишлаб чиқариш техник соҳа.
соҳалари:	Таълим	110.000 - Педагогика; 310.000 - Мухандислик иши.
йўналишлари:		5310200 - Электр энергетикаси (электр таъминоти); 5111000 -Касб таълими (5310200 - Электрэнергетикаси).

**ТОШКЕНТ – 2017**

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2017 йил “28” 06 даги “434” -сонли буйруғининг 1 -илоvasи билан фан дастури рўйхати тасдиқланган.

Фан дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими йўналишлари бўйича Ўқув-услубий бирлашмалар фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашининг 2017 йил “2” 02 даги 3 - сонли баённомаси билан маъқулланган.

Фан дастури Тошкент давлат техника университетиди ишлаб чиқилди.

**Тузувчилар:**

Рафикова Г.Р. - ТошДТУ "Электр таъминоти" кафедраси катта ўқитувчиси.

Каримов Р.Ч. - ТошДТУ "Электр таъминоти" кафедраси катта ўқитувчиси.

**Такризчилар:**

Бердышев А.С. - ТИМИ доценти, т.ф.н.

Рисмухамедов Д.А. - ТошДТУ «Энергетикада тизимларни бошқариш ва назорат қилиш» кафедраси мудири, доцент, т.ф.н.

Фан дастури Тошкент давлат техника университет Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган (2017 йил “24” 05 даги 11 - сонли баённома).

## КИРИШ

«Электр тармоқлари ва тизимлари» фани бўйича тузилган ушбу намунавий дастур қўйилган ДТС ва малака талаблари асосида тузилган. Ушбу дастур электр тармоқларини параметрлари, улардаги жараёнлар, тармоқларни ҳисоблаш ва лойҳалаш, фан тарихи ва ривожининг тендецияси, истиқболи ҳамда республикамиздаги ижтимоий-иқтисодий ислохатлар натижалари ва худудий муоммоларининг электр тармоқлари истиқболига таъсири масалаларини қамрайди.

### ФАННИНГ МАҚСАД ВА ВАЗИФАЛАРИ

Фан ўқитилишидан мақсад-замоनावий электр тармоқларини ўрганиш, ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари бўйича йўналиш профилига мос, таълим стандартида талаб қилинган билимлар, кўникмалар ва тажрибалар даражасини таъминлашдир.

Фаннинг вазифаси - уни ўрганувчиларга:

- электр тармоқлар параметрларини аниқлаш услублари;  
тармоқлар иш тартиблари; улардаги қувват ва энергия исрофларини ҳисоблаш;  
элементларни танлашни, жумладан, тармоқларнинг ишончилигини ва энергия сифатини ошириш бўйича билим беришдан иборатдир.

### - ФАН БЎЙИЧА ТАЛАБАЛАРНИНГ ТАСАВВУР, БИЛИМ, КЎНИКМА ВА МАЛАКАЛАРИГА ҚЎЙИЛАДИГАН ТАЛАБЛАР

“Электр тармоқлари ва тизимлари” фанини ўзлаштириш жараёнида талаба: -  
электр тармоқлари ва тизимлари фанининг вазифалари;

- электр тармоқлари ва тизимларида руй берадиган жараёнлар **ҳақида тасаввурга эга бўлиши;**

- электр тармоқ элементларининг бир фазали эквивалент алмаштириш схемалари;

- электр узатиш линияларининг алмаштириш схемалари ва параметрларини ҳисоблаш;  
уларнинг параметрларини ҳисоблашни **билиши ва улардан фойдалана олиши;**

- электр тармоқларини лойиҳалаш усулларини урганиш;

- асосий иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш;

- вариантларни солиштириш;

- подстанцияларда трансформаторларнинг сони ва типини танлаш

**кўникмаларига эга бўлиши керак**

- трансформатор ва автотрансформаторларнинг алмаштириш схемалари;

- номинал кучланишни танлаш;

- линия ўтказгичларини токнинг иқтисодий зичлиги ва иқтисодий интерваллар усулларида ҳамда рухсат этилган кучланиш бўйича танлаш **малакаларига эга бўлиши керак.**

## **ФАННИНГ ЎҚУВ РЕЖАДАГИ БОШҚА ФАНЛАР БИЛАН ЎЗАРО БОҒЛИҚЛИГИ ВА УСЛУБИЙ ЖИХАТИДАН УЗВИЙЛИГИ**

Электр тармоқлари ва тизимлари фани асосий умумқасбий фани ҳисобланади. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган математик ва табиий (олий математика, физика, назарий механика), метралогия, стандартлаштириш ва сертификатлаш; электротехниканинг назарий асослари, энергетика қурилмалари; станция ва подстанцияларнинг электр қисми ва х.к фанлардан етарли билим ва қўникмаларга эга бўлишлари талаб этилади.

### **ФАННИНГ ИЛМ-ФАН ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШДАГИ ЎРНИ**

Электр таъминоти элементларини лойиҳалаш, қуриш, монтаж қилиш, алмаштириш схемаларини қуриш, нормал ҳолатларини ҳисоблаш, ҳолатларни таҳлил қилиш зарурдир. Ушбу фан талабага юқоридаги вазифаларни бажариш учун зарурий билимларни беради. Шунинг учун ушбу умумқасбий фани ҳисобланиб, ишлаб чиқариш техналогик тизимининг ажралмас бўғиндир.

### **ФАННИ ЎҚИТИШДА ЗАМОНАВИЙ АХБОРОТ ВА ПЕДАГОГИК ТЕХНАЛОГИЯЛАР**

Йўналишнинг ўзига хос хусусиятлари дастурни интерактив усулларда ўзлаштиришни тақозо қилади. Бунда асосий эътибор аудитория машғулотларида ва мустақил ишда ўзлаштириладиган чуқурлаштириладиган назарий билимларга, ҳамда объектив жараёнлар ва ҳодисаларга нисбатан дунёқарашни шакллантиришга қаратилади; дунёқарашни шакллантиришда маъруза машғулотларига катта ўрин ажратилади. Дастурий материалларни ўзлаштириш тўрт хил:

- муаммоли таснифдаги мавзулар бўйича;
- мустақил ўзлаштирилиши мураккаб бўлган бўлимлар бўйича;
- таълим оловчиларда 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 тутади.

Мустақил иш жараёнида талаба таълим технологияларига оид адабиётлар, интернет материаллари билан ишлашни уддалашини намоён қилиши, аудитория машғулотлари пайтида қабул қилган ахборотни тўғри мушоҳада қилиш қобилиятини кўрсатиши зарур.

Дастур талабалар билимини рейтинг-назоратидан фойдаланадиган ўқув жараёнини ташкил қилишнинг янги принциплари асосида амалга ошади.

### **АСОСИЙ ҚИСМ**

Фаннинг назарий машғулотлар мазмуни. Электр тармоқ элементларининг бир фазали эквивалент алмаштириш схемалари ва уларнинг ҳисоб параметрлари  
Электр узатиш линияларининг алмаштириш схемалари ва параметрларини ҳисоблаш; трансформатор ва автотрансформаторларнинг

алмаштириш схемалари; уларнинг параметрларини ҳисоблаш.

### **Очиқ электр тармоқлари ҳолатларини ҳисоблаш**

Охирида юклама токи ёки қуввати маълум бўлган линия ҳолатини ҳисоблаш, юклама токи ва таъминловчи тугун кучланиши маълум бўлган линия ҳолатини ҳисоблаш; радиал ва тармоқланган электр тармоқлари ҳолатларини ҳисоблаш; тақсимловчи электр тармоқлари ҳолатларини ҳисоблашнинг характерли хусусиятлари ва усуллари.

### **Ёпиқ электр тармоқлари ҳолатларини ҳисоблаш**

Икки томондан таъминланувчи электр тармоқларида қувват оқими ва тугун кучланишларини аниқлаш; мураккаб ёпиқ электр тармоқларда қувват оқимларини контур тенгламалари усули асосида ҳисоблаш; схемаларга ажратиш усулидан фойдаланиш; мураккаб ёпиқ электр тармоқлари ҳолатларини тугун тенгламалари усуллари ёрдамида ҳисоблаш; Зейдел ва Ньютон-Рафсон усуллари.

### **Ўта юқори кучланишли электр узатиш линиялари**

Уларнинг характерли ҳолатлари; параметрларининг тақсимланганлигини ҳисобга олиш; ҳолатларини ҳисоблаш усуллари.

### **Электр тизимида актив қувват баланси ва унинг частота билан боғлиқлиги**

Электр тизимида частотани ростлаш ва актив юкломани оптимал тақсимлаш; электр тизимида реактив қувват баланси ва унинг кучланиш билан боғлиқлиги; реактив қувватни компенсациялаш; электр тизимида фойдаланилувчи реактив қувват компенсаторлари; электр тармоқларда кучланишни ростлаш усуллари.

### **Электр тармоқларини лойиҳалаш усуллари**

Асосий иқтисодий кўрсаткичлар; вариантларни солиштириш; номинал кучланишни танлаш; линия ўтказгичларини токнинг иқтисодий зичлиги ва иқтисодий интерваллар усулларида ҳамда рухсат этилган кучланиш бўйича танлаш; подстанцияларда трансформаторларнинг сони ва турини танлаш; электр узатиш линияларининг конструктив-механик қисмларини ҳисоблаш; ҳаво линиялари ўтказгичлари ва тросларини механик мустаҳкамликка текшириш; ораликда ўтказгичнинг ҳолат тенгламаси; турли климатик шароитларда линия ўтказгичи ва тросларига таъсир этувчи механик кучланишни аниқлаш; линия таянчини танлаш, трасса бўйлаб жойлаштириш ва турли климатик шароитлар учун текшириш; линия изоляторлари шодасини танлаш ва механик мустаҳкамликка текшириш.

### **Амалий машғулотларининг тахминий рўйхати**

1. ЭУЛ алмаштирув схемаларини параметрларини аниқлаш.
2. Трансформаторлар ва автотрансформатор алмаштирув схемалари параметрларини аниқлаш.
3. Линия ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини аниқлаш.
4. Ҳар хил номинал кучланишдаги очик занжирли электр тармоқлар иш тартибини ҳисоблаш.
5. Ҳалқасимон тармоқни иш тартибини ҳисоблаш.
6. Икки тарафдан таъминланувчи ЭУЛ-ни иш тартибини ҳисоблаш.
7. Иккита номинал кучланишли электр тармоқ иш тартибини ҳисоблаш.

### **Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича тавсиялар**

Амалий машғулотларда талабалар электр тармоқларини лойиҳалаш усуллари, асосий иқтисодий кўрсаткичлари, вариантларни солиштириш, номинал кучланиш, линия ўтказгичларини токнинг иқтисодий зичлиги ва иқтисодий интерваллар усуллари, подстанцияларда трансформаторларнинг сони ва типни кўникмаларни ҳосил қиладилар.

### **Лаборатория ишларининг тахминий рўйхати**

1. Ўзгарувчан ва ўзгармас ток ҳисоблаш моделларини ўрганади ва улар асосида ҳар хил тармоқларни иш тартибини амалда ўрганади.
2. Кўп шаҳобчали маҳаллий тармоқда қувват тақсимотини ўзгармас ток ҳисоблаш столи ёрдамида, аниқлаш.
3. Мураккаб берк занжирли бир хил тузилган тармоқда қувват тақсимотини ўзгармас ток ҳисоблаш столи ёрдамида аниқлаш.
4. Электр тармоқни нормал ҳолатини (иш тартибини) ўзгарувчан ток моделида ҳисоблаш.
5. Оддий берк занжирли 110/220 кВ электр тармоғида турғунли ҳолатларини (иш тартибларини) ўрганиш.

### **Лаборатория ишларини ташкил этиш бўйича кўрсатмалар**

Лаборатория ишларида талабалар электр тизими ва тармоқларини параметрларини танлаш ва иш режимларини ҳисоблаш бўйича тажриба ҳосил қиладилар.

### **Курс лойиҳасини ташкил этиш бўйича услубий кўрсатмалар**

Курс лойиҳаси ижодий мустақил ишлаш кўникмаларини ривожлантиради, талабаларда саноат корхоналарининг электр таъминоти тизими элементларини танлаш кўникмаларини ҳосил қилади. Ҳар бир талабага шахсий топшириқ берилади.

### **Курс лойиҳасининг намунавий мавзулари:**

1. Очик занжирли система билан бевосита (трансформаторлар орқали) уланган тармоқ (истеъмолчилар қуввати, масофалар, ўзаро жойлашиш берилган) лойиҳаси.
2. Ёпиқ занжирли, энергия манбаси бор ва система билан бевосита (трансформаторлар орқали) уланган, тармоқ, (истеъмолчилар

қуввати, масофалар, ўзаро жойлашиш берилган) лойиҳаси.

### **Мустақил таълимнинг шакли ва мазмуни**

Ушбу ўқув фани бўйича талабанинг мустақил таълим маърузалар конспект ва тавсия этилган адабиётлар ҳамда даврий журналлар ва интернет материаллари билан ишлашни, лаборатория ишларини ўтишга тайёргарлик кўришни, рефератлар ёзиши, курс ишига ижодий ёндошиб, стандарт талабаларга мос равишда ва ҳисоблаш техникасида фойдаланиб мустақил бажариши ўз ичига олади.

### **Тавсия этилган мустақил ишларнинг мавзулари**

1. ЭУЛ алмаштирув схемалари.
2. Трансформатор ва автотрансформаторлар алмаштирув схемалари.
3. Линия ва трансформаторларда қувват исрофи.
4. Ҳар-хил номинал кучланишдаги очиқ занжирли электр тармоқлар.
5. Халқасимон тармоқлар.
6. Икки тарафдан таъминланувчи ЭУЛ.
7. Иккита номинал кучланишли электр тармоқлар

### **ДАСТУРНИНГ ИНФАРМАЦИОН-МЕТОДИК ТАЪМИНОТИ**

Ўқув телевидениеси, компьютер проектори, компьютер техникаси, ўқув кино ва видеофильмлар, слайдлар.



## **ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:**

### **Асосий адабиётлар:**

1. Аллаев К.Р., Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. - Т.: Издательство «Молия», 2007. - 388 с.
2. Аллаев К.Р., Электроэнергетика Узбекистана и мира. -Т.: «Фан ва технология», 2009. - 464 с.
3. Каримов Х.Г. Таслимов А.Д. Мамарасулова.Ф.С.-Электр тармоқлари. тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. -Т.: ТошДТУ, 2004.
4. Идельчик В.И.-Электрические сети и системы. Учебник. -М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Каримов Х.Г. Расулов А.Н. Электр тармоқлари ва системалари. 1 қисм. -Т.: ТошДТУ, 1996. -165 б.
6. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник. -М.: «Высшая школа», 1998. -512 с.
7. Қодиров Т.М., Алимов Х.А., «Саноат корхоналарининг электр таъминоти» ўқув қўлланма., -Т.: ТошДТУ, 2006.
8. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. -Т.: ТошДТУ, 2006.

### **Қўшимча адабиётлар:**

1. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В. Ежнов, Г.К. Зарудский, Э.И.Зуев под ред. Строева В.А. - М.: «Высшая школа», 1999. -352 с
2. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ. ред. профессоров МЭИ. - М.: Издательство МЭИ, 2004. -964с.

### **Электрон ресурслар:**

1. Сайт: [www/energystrategy.ru](http://www/energystrategy.ru)
2. Сайт: [www/uzenergy.uzpak.uz](http://www/uzenergy.uzpak.uz)

РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
**НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ**  
**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**  
**“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ**  
**КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



## РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по курсу: **« ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ »**

(для бакалавров по направлению «5310200 “Электроэнергетика»)

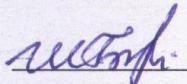
Производственно техническая сфера	<b>300 000 – Инженерное дело</b>
Направление отраслям	310 000 – Энергетика (по отраслям)
Направление образования:	310200 – Электроэнергетика (по отраслям и направлениям)

Семестр	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>Всего</b>
Общие аудиторные часы	72	108	<b>180</b>
В том числе:			
Лекция	36	54	<b>90</b>
Практические занятия	18	54	<b>72</b>
Лабораторные работы	18	-	<b>18</b>
Самостоятельные работы	60	80	<b>140</b>
<b>Итого</b>	<b>132</b>	<b>188</b>	<b>320</b>

**НАВОИ - 2017**

Рабочая программа составлена на основе рабочего учебного плана и учебного программы для бакалавров, обучающихся по направлению 5310200 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА» на основании государственного стандарта республики Узбекистан от 2015 года и типовой программы, разработанной и утверждённой Учёным советом ТашГТУ.

**Составили:**

Доц. кафедры «Электроэнергетика»:  Б.Х.Шайматов

СТ.преп.«Электроэнергетика» \_\_\_\_\_ М.Б. Холмуродов

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА». протокол № 1 «25» 08 2017 г.

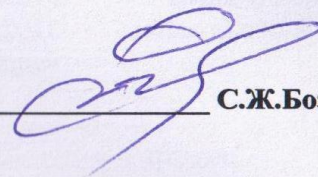
**Зав кафедрой:**



**А.Н.Товбаев**

Рабочая программа рассмотрена на заседании Энергомеханического факультета и рекомендована для использования. (утверждена протоколом № 1 «26» 08 2017 г.)

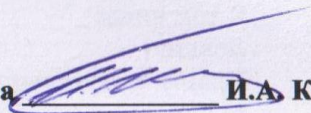
**Председатель совета факультета:**



**С.Ж.Бозорова**

**Согласовано:**

**Начальник учебно-методического отдела**



**И.А. Каримов**

## **1. Предисловие**

В энергетической программе Узбекистана сформулированы важнейшие задачи развития промышленности путём интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического процесса.

В области электрических сетей и систем предусматривается повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональной эксплуатации высоконадёжного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при её передаче, при распределении и потреблении.

### **1.1 Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

Развитие и усложнение структуры электрических сетей и систем, возрастающие требования к экономичности и надёжности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии на базе современной вычислительной техники ставит проблему подготовки высококвалифицированных специалистов.

Изучение и рассмотрение вопросов электрических сетей в системах электроснабжения. Развитие системы электроснабжения в Узбекистане. Общая система электроснабжения, место систем электроснабжения. Свойства электроснабжения в промышленных предприятиях.

### **1.2.Требование по предмету, по которым студент должен обучаться.**

Задачи дисциплины: Изучение выбора рационального напряжения, мощности и количество силовых трансформаторов. Выбор цеховых трансформаторов, распределительных устройств, компенсация реактивной мощностей, автоматизация и диспетчеризация, а также экономика электроэнергии.

### **1.3 Перечень дисциплин для изучения данной дисциплины:**

- а) Теоретические основы электротехники
- б) Электрические измерения
- в) Электрические машины
- г) Электрические станции и подстанции в СЭС
- д) Применение информатики и ЭВМ
- е) Электроснабжение
- ж) Математические задачи энергетики

### **1.4 Новые технологии по обучению дисциплины.**

Для проведения занятий использовать новые методы средства обучения. Такие как ТСО, электронный обучение, а также использовать новые разработки в области энергетики.

В процессе обучения предмета

- современные компьютеры;
- информационно - вычислительные сети;
- система интернета поддерживающий связь с другими странами мира ;
- электронная связь (e-mail) ;

- системы управления базы данных.

**2.СТРУКТУРА ПРЕДМЕТА.  
2.1.СОДЕРЖАНИЕ ТЕМЫ ПО ЛЕКЦИИ.  
5-СЕМЕСТР**

Введение. Цель и задачи дисциплины. Основы определения расчётных параметров однофазных эквивалентов элементов трехфазной электрической сети. Расчётные параметры и схемы замещения одно цепной трехфазной линии электропередачи (ЛЭП) .....	<b>2 час</b>
Расчётные параметры и схемы замещения двух обмоточного трехфазного трансформатора. Трёхполюсной как однофазные эквиваленты ЛЭП и двух обмоточные трансформаторы.....	<b>2 час</b>
Расчетные параметры и схемы замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.....	<b>2 час</b>
Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на дальние расстояния Основные технико-экономические проблемы передач электроэнергии на большие расстояния.....	<b>4 час</b>
Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач.....	<b>2 час</b>
Уравнения длинной линии. Натуральные мощности длинной линии. Выражения для передаваемой мощности по длинной линии.....	<b>2 час</b>
Закономерности распределения напряжения вдоль ЛЭП в зависимости от нагрузки.....	<b>2 час.</b>
Определение внутренние электрических сетей и их параметре, схемы..	<b>2 час</b>
Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей Расчёт режима ЛЭП по данным конца и начала.....	<b>2 час</b>
Расчёт режима разомкнутой электрической сети при известных мощных нагрузок и напряжения источника питания методами последовательных приближений.....	<b>4 час</b>
Расчёт режимов замкнутых электрических цепей. Расчёт потоков мощности в кольцевых электрических сетях без учета и с учетом потерь.....	<b>2 час</b>
Расчёт потоков мощности в сетях с двухсторонним питанием при одинаковых и равных напряжениях в ее концах.....	<b>2 час</b>
Расчет потоков мощностей в сложно-замкнутых электрических сетях методом расщепления схемы.....	<b>2 час</b>
Расчет режимов электрических сетей на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН). УУН в форме баланса токов и баланса мощности. Алгебраическая и тригонометрическая формы записи УУН в матричной форме. ....	<b>2 час</b>
Исходная и обратная формы записи УУН.....	<b>2 час</b>
Преимущества объединения электроэнергетических систем, управление электроэнергетических систем.....	<b>2 час</b>

**ИТОГО:**

**36 часов**

## 2.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1.Расчёт потоков мощностей в замкнутых электрических сетях.....	4 час.
2.Выбор трансформаторов и сечение проводов.....	6 час
3.Расчёт потерь мощностей трансформаторов и ЛЭП.....	4 час.
4. Расчёт потерь напряжения в ЛЭП.....	4 час.
<b>ИТОГО:</b>	<b>18 часов</b>

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Ознакомление с основными элементами воздушных линий.....	4 час
Расчет номенального режима на статической модели переменного тока.....	6 час
Исследование режимов работы дальних линий электропередач.....	4 час
Исследование холостого хода дальних ЛЭП.....	4 час.
<b>ИТОГО:</b>	<b>18 часов</b>

## 6-СЕМЕСТР (ЛЕКЦИЯ)

Активной мощности и его связь с частотой. Потеря и падение напряжение. Регулирование частоты в электроэнергетической системе.....	6 час.
Понятие об оптимальном распределении активной мощности между электростанциями.....	4 час
Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением. Сведение о сложно замкнутых электрических сетей.....	6 час.
Регулирующий эффект нагрузки. Потребители и источники реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства реактивной мощности: батареей статических конденсаторов.....	10 час
Качество электрической энергии и его обеспечение Показатели качества электрической энергии. Методы регулирования напряжения. Техно-экономические расчеты в электрических сетях энергосистем. Техно-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор варианта электрической сети с учетом надежности. Выбор номинального напряжения. Определение сечений проводов и кабелей по экономической плотности тока. Мероприятия по уменьшению потерь мощности и электроэнергии. Методы расчёта потерь электроэнергии в сетях. Расчёт воздушных линий электропередач на механическую прочность. Характеристика задач и исходных условия расчета конструктивной части ЛЭП.....	28 час

**ИТОГО:**

**54 часов**

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1. Расчет режим работы замкнутых электрических сетей. ....14час.
2. Расчет режим работы ЛЭП двухсторонних питание..... 8 час.
3. Расчет режим работы электрических сетей двух номинальных напряжением.....14 час
4. Расчёт потерь мощностей и потери энергии трансформаторов и ЛЭП.....12 час.
5. Расчёт потерь напряжения в ЛЭП.....6 час.

**ИТОГО:**

**54 часов**

### 2.4. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Для выполнения курсового проекта предусмотрено проектировать районные электрические сети.

- 1) Ознакомление задание курсового проекта и расчет баланса мощностей.
- 2) Выбор схем электрических сетей.
- 3) Определение точки потока распределения .
- 4) Выбор номинального напряжения электрической сети.
- 5) Выбор силовых трансформаторов.
- 6) Выбор сечения проводов для сети.
- 7) Техничко-экономические расчеты электрических сетей и систем.
- 8) Начертить однолинейную схему и схему замещения электрической сети.

### 2.5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

- 1) Категории потребителей районных электрических сетей.
- 2) Конструкции и элементы воздушных линий.
- 3) Понятие о мощностей.
- 4) Трансформаторы и их потери.
- 5) Понятие об радиальных и кольцевых электрических сетей.
- 6)

## СПИСОК ЛЕТЕРАТУРЫ

- 1.Иделчик Б.И. Электрические системы и сети. М: энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Енергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Енергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЕИ.-М.: Издательство МЕИ, 2004, 964 с.
9. Ғоййбов Т.Ш. электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами . /ПодЎқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

## Қўшимча адабиётлар

1. ”Электр тармоқлари ва системалари” фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Ғайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойихасини бажариш учун ўқув-услубий қўлланма. Навоий 2005й.
- 3.Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, энергия ., 1977
- 4.Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
- 5.Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
- 1.Сайт: [www.энергйстратегй.ру](http://www.энергйстратегй.ру)
2. Сайт: [www.узэнергй.узпак.уз](http://www.узэнергй.узпак.уз)



**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



# **ТЕСТЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

## Навои 2017 г.

### Тест по предмету «Электрическая сети и система»

Глава предмета	Раздел предмета	Уровень сложности	Задания к тестам	Ответ теста	Неверный ответ	Неверный ответ	Неверный ответ
1	1	2	<p>Что определяет эта формула?</p> $I = \frac{E}{R + r_e}$	* Для полного цепи закона Ом	2-закон Кирхгофа	Для участке цепи закона Ом	1-закон Кирхгофа
1	1	2	На сколько групп делиться по напряжению электропотребителя?	* 2 группе	4 группе	3 группе	6 группе
1	1	2	На сколько групп делиться по току электропотребителя?	* 3 группе	5 группе	6 группе	2 группе
1	1	2	К чему равно индуктивное сопротивление воздушной линии на напряжение выше 1000 В	* $X_0 = 0,4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,3 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,2 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ ;	$X_0 = 0,6 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ ;
1	1	2	Какая система составляет в Республике Узбекистане электрическая система?	* Единая объединенная система	Раздельная система	Электрическая система не существует	Нерасветленная электрическая сети
1	1	2	Оперативное сообщение?	Передать информацию в течении 1 часа.	В режиме короткого замыкания или несчастные случаи в течении 0,3÷0,5 времени дать информацию.	передать информацию через телеуправление.	Передать информацию через телесигнализацию

1	1	2	По каком принципу создан в электрическая система диспетчерская служба?	* Раздельно	Ступенчатый	По одиночный	По четный
1	1	3	Что означает данная формула? $X_c = U_{cp} / \sqrt{3} \cdot I_{кз}$	* Сопротивление система	Сопротивление синхронного двигателя	Сопротивление генератора	Сопротивление генератора
1	2	2	Укажите определение линейного напряжение?	* $U_{л} = U_{\phi}$	$U_{л} = \cos \varphi$	$U_{л} = \sqrt{3} U_{\phi}$	$U_{л} = \sqrt{3}$
1	2	2	Какие условия выполняет электрические сети?	*Бесперебойное и надежное обеспечение электрической энергией потребителей.	Для обеспечения электрической энергии государственным требованиям.	Для обеспечения потребителей электрической энергии по экономическим показателям и по условиям техники безопасности	Для обеспечения напряжения потребителей.
1	2	2	Сколько категория имеется потребители?	* 3	10	8	5
1	2	3	На сколько групп делиться по напряжению электропотребителя?	* 2	4	3	6
1	3	2	Какие виды бывают по конструкции ЛЭП :	* Воздушные и кабельные линии	Проводники над землей	Кабельные линии	Воздушные линии
1	3	3	Сколько % составляет норма амортизационных отчислений для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами?	* 3.5 %	3.0 %	2.5 %	4.0 %
1	4	3	Укажите последовательности номинальное напряжение	* 750; 500;220;110;35; 10;6;0.66; 0.38;0.22 kV	1050;800;750;500	1150;500;220;35;0.38	750;220;35;6;0.38

1	5	2	Покажите пример для первого категории?	Химические, металлургическое, Больница, насосная станция	Караульная помещения, склад.	Школа, институт, трикотажная фабрика	Бытовой помышление, Прядельная фабрика,
1	5	3	Какие электрические сети называют радиальными?	* Потребители соединяются к источнику последовательно	* Потребители соединяются к источнику независимо	Потребители соединяются к источнику несколькими линиями	Электрическая сеть низкого напряжения
1	6	2	Укажите состав электрические сети	* Воздушных и кабельных линий электропередачи, подстанций, генераторы.	Электрические подстанции, ЛЭП, реакторы.	ЛЭП, распределительные устройства, реакторы.	Воздушные и кабельные линии электропередачи, распределительные устройства, электрические подстанции
2	1	1	Сколько видов прокладок кабелей существует в промышленных предприятиях?	* 6 вида	3 вида	4 вида	2 вида
2	1	1	Для 1-категории Какой значение бывает коэффициент загрузки трансформатора?	* 0,7	0,6	0,8	0,4
2	1	2	Что определяет по мощностью эта формула? $P_n = P_n \sqrt{PB}$	* Номинальную мощность двигателя с повторно-кратковременным режимом работы.	Номинальную мощность силовых трансформаторов	Номинальную мощность сварочных машин или электропечей	Номинальную мощность двигателя с длительным режимом работы
2	2	2	Сколько существует видов графиков эл. нагрузок ?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида

2	2	2	Чему равен коэффициент загрузки при длительном режиме работы потребителей?	* $K_3 = 0,6 - 0,7$	$K_3 = 0,85 - 0,9$	$K_3 = 0,6 - 0,9$	$K_3 = 0,75 - 0,85$
2	2	2	Чему равно индуктивное сопротивление кабельных линий напряжением 10кВ	* $X_0 = 0,086 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,066 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,04 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
2	3	2	Укажите правильный ответ коэффициента нагрузки потребителей третьей категории?	* 0,85-0,95;	0,7-0,8;	0,65-0,75;	0,75-0,85;
2	3	2	На сколько групп делится потребители по режиму работы?	* 3 группе ;	1 группе ;	2 группе ;	4 группе ;
2	3	2	Покажите годовой график потребителей	* Изменение графика напряжения по годам.	Изменение номинальной мощности производства по годам	Изменение токовой частоты по годам	График потребляемого напряжения по годам
2	4	2	Укажите формулу расчетной активной мощности?	* $P_p = P_{cp} * K_{max}$ ( $K_{max}$ - коэффициент максимума)	$P_{пот} = P_{cp} * K_c$ ( $K_c$ - коэффициент спроса)	$P_{пот} = P_{cp} * K_u$ ( $K_u$ - коэффициент использования)	$P_{пот} = P_{cp} * K_\phi$ ( $K_\phi$ - коэффициент формы)
2	4	2	Сколько должна быть максимальная продолжительность времени	* 2 часа	0.5 часа	3 часа	15 минут
2	5	3	Какой коэффициент используется для определения средне-максимальной мощности ?	* $K_u$	$K_c$	$K_3$	$K_B$

2	6	3	Укажите экономическую плотность тока для кабелей резиновой и пластмассовой изоляции на предприятиях 2-х сменной работы.	* $1,7 \text{ A} / \text{мм}^2$	$1,6 \text{ A} / \text{мм}^2$	$1,5 \text{ A} / \text{мм}^2$	$1,4 \text{ A} / \text{мм}^2$
3	1	1	Как подключается амперметр в цепь?	* последовательно	параллельно	смешанно	параллельно и последовательно
3	1	1	Какой срок службы лампы накаливания (час)?	*1000	900	1100	1200
3	1	1	Укажите формулу определения тока вставки предохранителя для металлорежущих станков, вентиляторов и насосов?	* $I_{\text{вс}} = I_{\text{п}} / 2,5$	$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{п}} / (1,6 - 2,0)$	$I_{\text{вс}} \geq I_{\text{п}} / 3$	$I_{\text{вс}} = I_{\text{кр п}} / 2$
3	1	2	С какими номинальными токами выпускаются предохранители?	* $15 \div 1000 \text{ A}$	$10 \div 600 \text{ A}$	$5 \div 500 \text{ A}$	$20 \div 1500 \text{ A}$
3	1	2	Что означает данная формула? $R = \frac{\Delta P_{\text{м}} \cdot U^2}{S_{\text{н}}^2}$	* Сопротивление трансформатора	Сопротивление синхронного двигателя	Сопротивление генератора	Сопротивление асинхронного двигателя
3	1	2	Какие параметры учитываются для выбора выключателей?	* $I, U, I_{\text{кз}}, I_{\text{уд}}, B_{\text{к}}$	$I_{\text{н}}, U, S, I_{\text{уд}}, T$	$I_{\text{н}}, U, S, P, B_{\text{к}}$	$R, U, I_{\text{н}}, I_{\text{уд}}, B_{\text{к}}$
3	1	2	Сколько видов прокладки кабелей существуют в промышленности?	* 6 вида	3 вида	4 вида	5 вида

3	1	2	Какие коммутационные аппараты можно отключить под нагрузкой?	* Масляный выключатель;	разъединитель;	отделитель;	рубильник;
3	1	2	Какими величинами пользуются чтобы выбрать трансформатор?	* коэффициент загрузки	Коэффициент использования	Расчетный ток	Установленная мощность потребителя
3	1	2	Сколько видов имеется ЛЭП ?	* 6 вида	2 вида	4 вида	5 вида
3	2	1	Укажите норма обслуживания трансформатора ?	* 3 %	6 %	4 %	8 %
3	2	1	Что требуется для регулирования напряжения трансформатора?	*Для приравнение низкого стороне напряжение трансформатора	Для повышения тока	Для понижения мощности	Для потери напряжения
3	2	1	Сколько имеется видов реакторов	* 3 вида	2 вида	4 вида	5 вида
3	2	2	Какие номинальные напряжения используются при расчете К.З?	* 0,23; 0,4; 0,69; 6,3; 10,5; 37, 115, 230 кВ	0,23; 0,38; 0,69; 6,3; 10,8; 35, 110, 220 кВ	0,23; 0,4; 0,66; 6,3; 11, 36, 115, 215 кВ	0,23; 0,4; 0,69; 6,0; 11,37, 115, 225 кВ
3	2	2	К какой установки входит внешней системе электроснабжения?	* цеховой подстанции	Кабельные линии внутреннего производства	* Распределительные устройства	Ремонтные участки цеха
3	2	2	Для чего служит линии электропередачи	* для передачи электроэнергии	Для уменьшения токов.	Для повышения напряжений	Для использования кинетической энергии.
3	3	1	Сколько видов шин существует?	* 3 вида	2 вида	4 вида	5 вида
3	3	1	По каким параметрам выбирается трансформатор?	* по категории надежности потребителя.	По напряжению потребителя	По установленной активной мощности потребителя	По коэффициенту мощности потребителя

3	3	1	Какая величина отсутствует в паспорте трансформатора?	* Номинальная активная мощность	Потери короткого замыкания.	Полная мощность	Потери холостого хода
3	3	2	Что означает данная формула? $R = \frac{\Delta P_m \cdot U^2}{S_n^2}$	* Сопротивление трансформатора	Сопротивление синхронного двигателя	Сопротивление генератора	Сопротивление асинхронного двигателя
3	3	2	Сколько видов счетчиков электроэнергии существует?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
3	3	2	Сколько видов соединения счетчиков имеется?	* 2 вида	3 вида	4 вида	1 вида
3	3	2	Укажите правильную формулу, определяющая потерю реактивной мощности в трансформаторе	* $\Delta Q_T = 0,1 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,01 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,03 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,02 S_{HH}$
3	3	2	По какой формуле определяется ток предохранителя при нормального режима?	* $I_{BC} \geq I_{Пуск} / 2,5$	$I_{BC} \geq I_{Пуск} / (1,6 - 2,0)$	$I_{BC} \geq I_{II} / 2,5$	$I_{BC} \geq I_{KP} / 2,7$
3	3	3	Каким прибором измеряются электроэнергию?	* индукционный счетчик,	ваттметр,	амперметр,	вольтметр,
3	4	2	Чему равно индуктивное сопротивление кабельных линий напряжением 10кВ	* $X_0 = 0,086 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,066 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,04 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
3	4	2	Укажите единицу измерения телесного угла для освещения?	* стеридиан,	радиан,	радиан люкс,	люмен/свеча,
3	4	2	У каких ниже указанных материалов самая низкая проводимость?	* вольфрам,	алюминий,	медь	серебро



3	4	2	Какая из формул определяет активное сопротивление трансформатора	* $R_T = \Delta P_m U_n^2 / S_n^2$	$R_T = \frac{S}{\sqrt{3} I^2}$	$R_T = \frac{\sqrt{3} U}{I}$	$R_T = \frac{P_T}{\sqrt{3} I^2}$
3	4	2	Как определяется номинальный ток для электрического двигателя?	* $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n}$ ;	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi}$	$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi}$
3	5	2	Укажите правильный ответ при поражении электрическим током ?	* 3-6 мин,	4-4,5 мин,	4-5 мин,	3-4 мин,
3	5	2	Сколько существует видов действия электрического тока?	* 4 вида	3 вида	2 вида	5 вида
3	5	2	Какие бывают номинальные ток предохранителя.	* 15 ÷ 1000 А	10 ÷ 600 А	5 ÷ 500 А	20 ÷ 1500 А
3	6	2	Сколько существует видов травм электрическим током?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
3	6	2	Сколько существует степеней электрического удара?	* 5 шт	4 шт	3 шт	2 шт
3	6	2	Как определяется номинальный ток электродвигателя?	* $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n}$ ;	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi}$ ;	$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi \cdot \eta}$ ;
3	6	2	Какие параметры учитываются для выбора выключателей?	* $I, U, I_{кз}, I_{вд}, B_K$	$I_n, U, S, I_{вд}, T$	$I_n, U, S, P, B_K$	$R, U, I_n, I_{вд}, B_K$
3	7	2	Укажите неправильную формулу	* $X_c = -\frac{1}{\omega C}$ ,	$X_c = (\omega C)^{-1}$	$R = \rho \frac{l}{S}$	$R = \frac{U}{I}$ ,
3	7	2	Сколько видов схем выполняет цеховые электрические сети?	* 3 вида	4 вида	<b>5 вида</b>	<b>2 вида</b>

3	7	2	Сколько видов существует рабочего тока?	* 3 вида	2 вида	1 вида	4 вида
3	7	2	Для выбора не выполняется по каким параметрам передача электрической энергии.	* потери напряжения	Допустимого продолжительности тока	Коронный разряд	По экономической плотности и тока.
3	8	2	На сколько групп делиться класс напряжения электроприёмников внутри завода?	* 2 группе	1 группе	3 группе	4 группе
3	8	2	При каких условиях учитывается активное сопротивление? Если	* $R > 0,3 X$	$R > 1,6 X$	$R \leq 0,5 X$	$R \leq 0,3 X$
4	1	1	По какой формуле определяется потеря активной мощности в линиях?	* $\Delta P = 3 I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U} R$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}$	$\Delta P = \sqrt{3UIR} \cdot 10^{-3}$
4	2	1	Как определяется потеря активной мощности в кабельных линиях?	* $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L$	$\Delta P = \Delta P_H K_3^2 LX$	$\Delta P = \Delta P_H I^2 L$	$\Delta P = I^2 RU$
4	2	2	Какая формула определяет потерю активной мощности в трансформатора	* $\Delta P_T = 0,02 S_{HH}$	$\Delta P_T = 0,01 S_{HH}$	$\Delta P_T = 0,04 S_{HH}$	$\Delta P_T = 0,03 S_{HH}$
4	3	2	что определяет эта формула ? $\Delta P = 3 I_{ск}^2 R 10^{-3}$	Потерю мощности в воздушных линиях	Потерю мощности в двигателях	Потерю мощности в генераторах	Потерю энергии
4	3	2	В какой формуле приведена потеря реактивной мощности трансформатора ?	* $\Delta Q_T = 0,1 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,01 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,03 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,02 S_{HH}$

4	3	2	Если схема собрана в полную звезду, чему будет равен коэффициент схемы ?	* 1	3	4	6
4	4	2	что определяет эта формула? $\Delta P = 3 I_{СК}^2 R 10^{-3}$	* Потерю мощности в линиях	Закон Ома для полной цепи	Потерю энергии	Потерю напряжения в трансформатора
4	4	2	Укажите предварительные определения формул потери мощности трансформаторов	* $\Delta P_{ТР} = S_{кор} 0,02$ $\Delta Q_T = S_{кор} 0,1$	$\Delta P_{ТР} = P_{кор} 0,04$ $\Delta Q_T = P_{кор} 0,15$	$\Delta P_{ТР} = \Delta S_{кор} 0,02$ $\Delta Q_T = S_{кор} 0,1$	$\Delta P_{ТР} = \Delta P_{кор}$ $\Delta Q_T = 0,1 S_{HH}$
4	4	2	Потери энергии трансформатора.	* $\Delta \mathcal{E}_{mp} = I_x^2 \cdot X_0 \cdot I_{л};$	$\Delta \mathcal{E}_{mp} = I_x^2 \cdot R_0 \cdot I_{кл};$	* $\Delta \mathcal{E}_{mp} = n \cdot (\Delta P_{к} \cdot \beta^2 \cdot \tau + \Delta P_0 \cdot T_{max});$	$\Delta \mathcal{E}_{mp} = \Delta P \cdot \alpha + \Delta A \cdot \beta;$
4	5	3	Как определяется потеря активной мощности в линиях?	* $\Delta P_{Л} = 0,03 S_{HH}$	$\Delta P_{Л} = 0,01 S_{HH}$	$\Delta P_{Л} = 0,1 S_{HH}$	$\Delta P_{Л} = 0,05 S_{HH}$
5	1	2	На сколько групп разделяют потребителей по режиму работы?	* 3 группе	1 группе	2 группе	4 группе
6	1	1	Сколько видов существует подключения конденсаторных батарей в сеть?	*2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
6	2	1	Для каких целей используется реактивная мощность ?	* Для повышения коэффициента мощности	Для уменьшения потери мощности	Для выполнения полезной работы	Для вращения магнитного поля электродвигателя
6	2	2	По какой формуле определяется потеря активной мощности в кабельных линиях	* $\Delta P = 3 I_{СК}^2 R 10^{-3}$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U} R$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}$	$\Delta P = \sqrt{3UIR} \cdot 10$
6	2	2	Сколько существует мероприятий ,выполняющие с компенсацией реактивной мощностью?	* 2 вида	4 вида	3 вида	5 вида

6	2	2	Укажите коэффициент загрузки трансформаторов нормальных режимах работы по категориям надежности.	* 1-категория 0,7	2-категория 0,7	3-категория 0,75	1-категория 0,75
6	2	3	Какой единицей измерения определяется мощность электрического тока?	* Вт	А	В	Ж
6	2	4	На сколько групп делиться по надёжности работы электропотребителя?	* 3 группе	2 группе	4 группе	5 группе
6	2	4	На сколько групп делиться напряжение электропотребителя внутри завода?	* 2 группе	1 группе	3 группе	4 группе
6	3	2	Сколько видов имеется мероприятие некомпенсации реактивной мощности?	* 7 вида	4 вида	5 вида	2 вида
6	3	2	Если напряжение статическом конденсаторе будет $0,22 \div 0,5 \text{ кВ}$ то сколько будет потери удельного сопротивления?	* 0,004 кВт/кВар	0,002 кВт/кВар	0,006 кВт/кВар	0,001 кВт/кВар
6	4	2	Для чего требуется конденсаторные батареи?	* для повышения $\cos \varphi$	Для увеличения тока	Для уменьшения $\text{tg } \varphi$	Для уменьшения дефицита активной мощности;
6	4	2	Если $\cos \varphi = 0.95$ то чему будет равно $\text{tg } \varphi$ ?	* 0,327;	0,4;	0,5	0,6;

7	1	1	На сколько групп делятся подстанции по мощности?	* 3 вида	4 вида	5 вида	2 вида
7	1	2	Что означает это формула? $\delta = f_{НБ} - f_{НМ}$	* Отклонение частоте	Среднее частоте	Границе высокого частоте	Колебание частоте
7	2	1	Из каких формуле определяется отклонение напряжение ?	* $V = U - U_H$	$V = U_2 - U_H$	$V = U_{\text{сеть}} - U_{\text{ПОТРЕБ}}$	$U_1 - U_H$ ;
7	2	1	Что называется районной электрической сетью.	* С напряжением 35; 10; 6 кВ.	С напряжением 500; 220; 110 кВ	С напряжением 0,66; 0,38; 0,220 кВ	Повышение тока и уменьшение напряжения в электрических сетях.
7	2	2	Как определяется потеря активной мощности в линиях?	* $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L$	$\Delta P = \Delta P_H K_3^2 LX$	$\Delta P = \Delta P_H I^2 L$	$\Delta P = I^2 RU$
7	2	2	На сколько групп делятся подстанции по мощности?	* 3 вида	4 вида	5 вида	2 вида
7	3	2	Укажите правильный ответ отрицательного действия качество электрической энергии?	* индуктивное сопротивление	Колебание напряжения	Несимметричное напряжение;	Несинусоидальное напряжение
7	3	2	Какие оборудования входят в подстанцию?	*Силовые оборудование, измерительные, защитные и коммутационные аппараты.	Измерительные приборы кабельных линий и ЛЭП.	Система управления.	Приборы для понижения токов, защитные аппараты, силовые оборудования.

7	4	2	Что называется местные электрические сети?	* Электрические сети с напряжением 35; 10; 6 кВ с изолированным нулем.	Электрические сети с напряжением 750; 500; 220 кВ.	Изолированная нейтраль на низком напряжении.	Изолированная нейтраль высоких напряжений.
7	5	3	Укажите формулу электроэнергии для ТТ и ТН	* $\mathcal{E} = K_{TT} \cdot K_{TN} \cdot \mathcal{E}_0$	$\mathcal{E} = K_{TT} \cdot I \cdot \mathcal{E}_0$	$\mathcal{E} = K_{TT} \cdot K_{TN} \cdot P_0$	$\mathcal{E} = K_{TN} \cdot I \cdot P_0$
8	1	2	На сколько групп делятся потребители по режиму работы?	* 3	2	4	5
9	1	1	Как определяется стоимость 1кВт электроэнергии?	* $C = C_{ЭП} / W$	$C = C_{ЭП} / W$	$C = 3W$	$C = U_{ЭП} / W$
9	1	3	Укажите формулу сравнения электрической сети.	$3 = EK + И + У$	$U = EK + И + У$	$K = K + И + У$	$3 = И + У$
9	2	1	Сколько % имеет норму амортизационного отчисления в силовых трансформаторах?	* 6,3	5,3	4,3	7,3
9	2	2	Укажите формулу эксплуатационный расход электрической сети.	* $И = \Delta И + И_{тр} + И_A$	$\Delta U = \Delta P \cdot \alpha + \Delta A \cdot \beta$ ;	$И = T \cdot (0,124 + \frac{T_{ном}}{10000})^2$ ;	$U = \frac{\Delta U_{кл}}{U_{ном}}$ ;
9	3	1	Что означает данная формула? $C = C_{э} / W$	* Стоимость 1кВт/ч электроэнергии	Эксплуатационные расходы линий	Эксплуатационные расходы трансформатора	Эксплуатационный расход в течение 1 суток
9	3	1	Основные определения экономии электроэнергии в электрической сети.	* Уменьшение режима холостого хода трансформатора и увеличение $\cos \varphi$	Уменьшение $\cos \varphi$	Увеличение режима холостого хода трансформатора и уменьшение $\cos \varphi$	Увеличение холостого хода двигателя .

9	4	2	Что определяет данная формула? $C = C_{\Sigma} / \Delta P * t$	* Стоимость 1кВт/ч электроэнергии	Эксплуатационные расходы линий	Эксплуатационные расходы трансформатора	Эксплуатационный расход в течение 1 суток
9	4	2	Сколько вариантов выполняется напряжение при выборах технико-экономическим показателям.	* 2	3	4	5
9	5	2	Какая величина не входит в экономические показатели в электрических сетях.	* Величина потери напряжения	Капитальные затраты	Амортизационные отчисления	Приведенные затраты
9	5	2	Укажите формулу годовой приведенные затраты в электрических сетях.	* $Z = E \Sigma K + И + У$	$U = U_a + U_{жр} + \Delta U$	$K \Sigma = K_1 + K_2 + K_3$	$C = C_1 + C_2 + C_3$
9	6	2	Укажите формулу сравнения ТЭП по приведенным затратам	* $Z = E \cdot K + И$	$Z = E \cdot K + T_0$	$Z = E \cdot И + K$	$Z = I \cdot E + И$

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



# **ОБЩИЕ ВОПРОСЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**



## **Раздел - I**

Введение. Электроэнергетика Узбекистана. Основные понятия и определения. Электрическая сеть. Режимы работы воздушных линий, конструкции и требования к материалам.

Номинальное напряжение.

Конструкция линий.

Изолированная нейтраль.

Потребители электрической энергии.

Нагрузки потребителей. Мощности. Графики. Коэффициенты.

Требования к электрическим сетям.

Конструкция кабелей, их методы проводимости.

Кабели высоких напряжений.

Внутренние электрические сети.

Токовая проводимость промышленных предприятий.

Освещение.

Элементы электрической сети при передачи электрической энергии.

Линия. Трансформаторы и автотрансформаторы.

Коммутационные аппараты.

Измерительные приборы.

Техника безопасности в электрических сетях. Электрические машины.

## **Раздел - II.**

Сложно-замкнутые электрические сети.

Потери мощности в трансформаторах и линиях.

Падение и потери напряжения.

Элементы проектирования электрических сетей.

Потери энергии в трансформаторах и линиях.

Уравнения электрических сетей. Физические процессы. Режимы работы.

Способы уменьшения потери мощности. Источники реактивной

мощности. Оптимизация реактивных и активных мощностей.

Надежность электрических сетей.

Местные и районные электрические сети, замкнутые местные электрические сети.

Подстанции и их элементы.

Векторные диаграммы и особенности районных электрических сетей.

Показатели качества электрической энергии. Несинусоидальность напряжения.

Управление режимов работы электрических сетей.

Баланс активной и реактивной мощности.

Метод системы режимов управления. Иерархический метод.

Технико-экономические расчеты. Расходы.

Выбор поперечных сечений кабелей и проводов

Технико-экономические показатели.

Выбор линий по технико-экономическими показателями

. Нормограммы для экономических интервалов линий и трансформаторов.

Расчет и выбор силовых нагрузок.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**

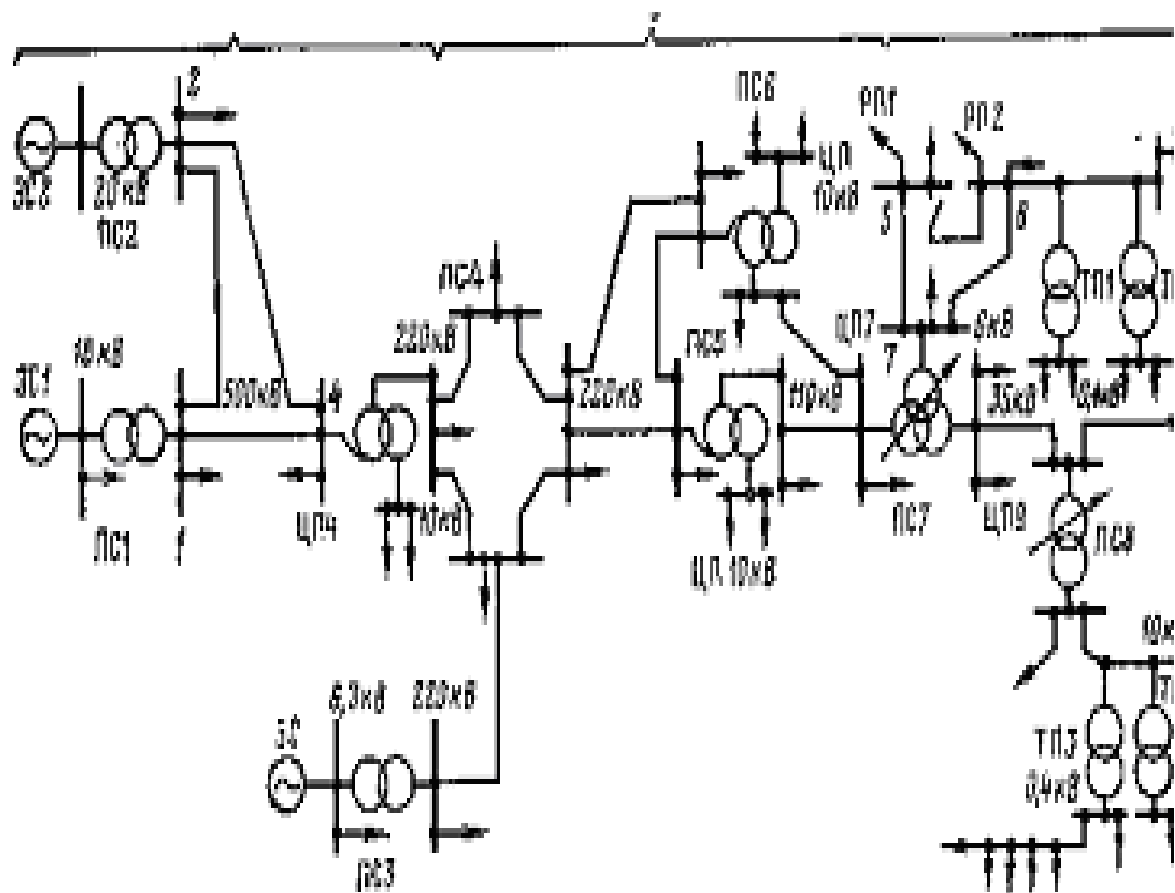


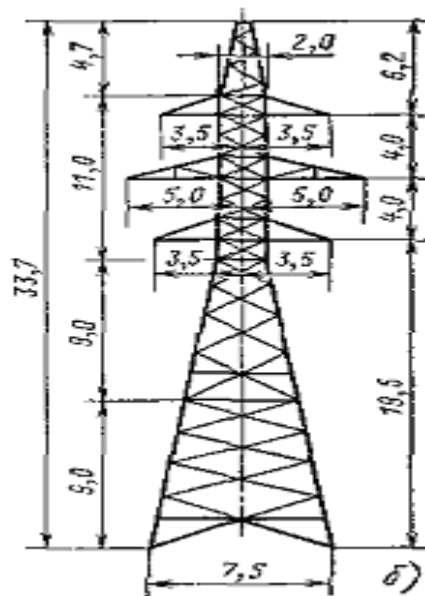
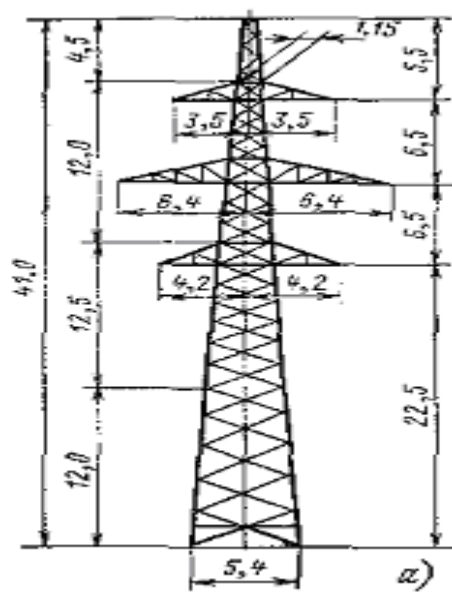
# **РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

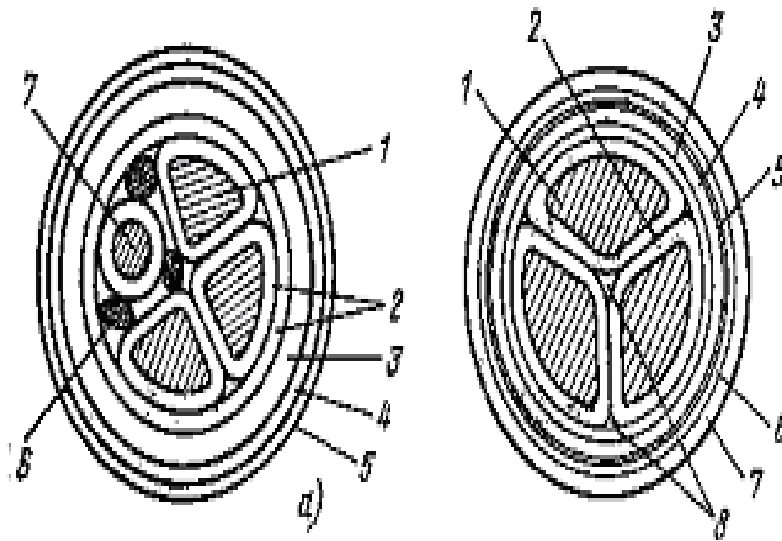
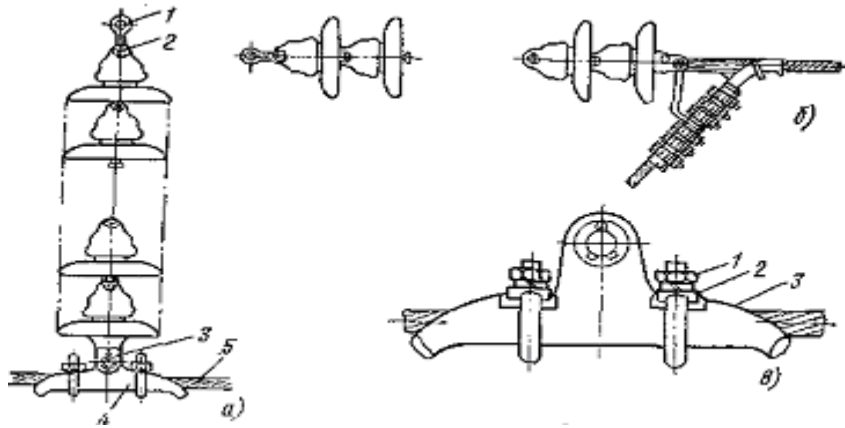
**по дисциплине**

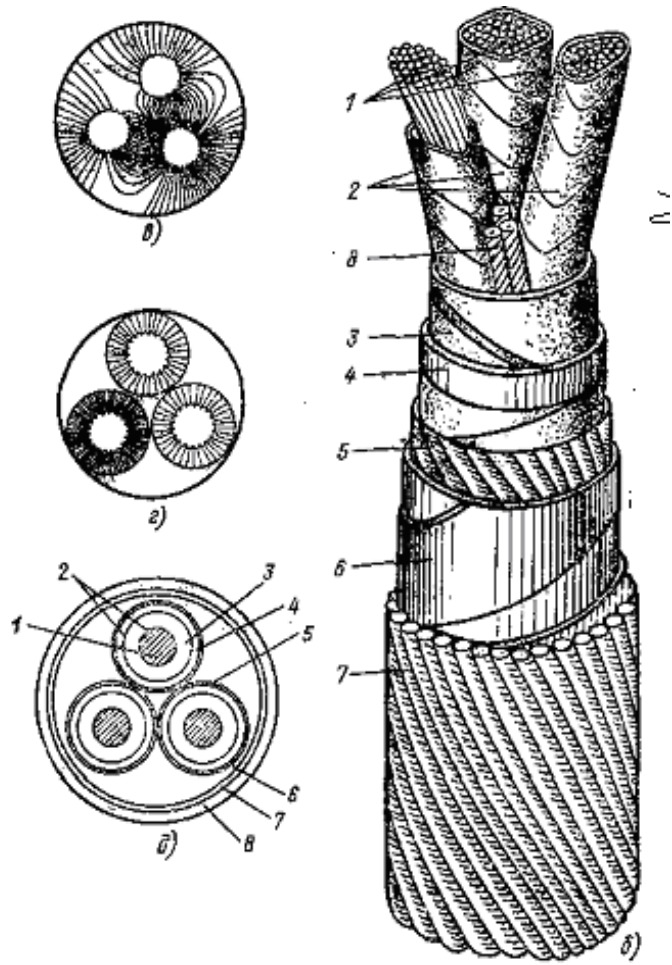
**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

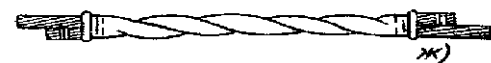
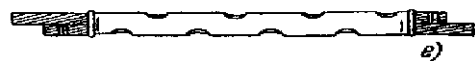
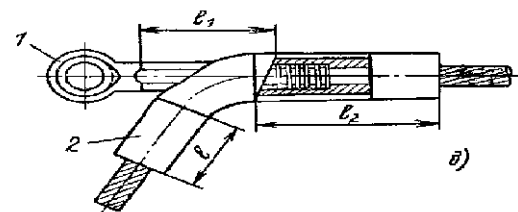
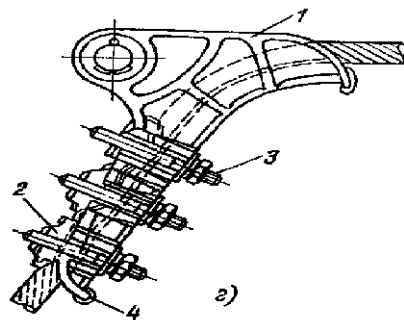
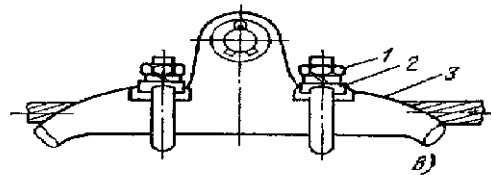
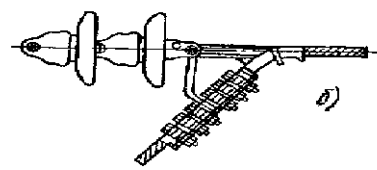
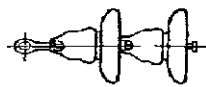
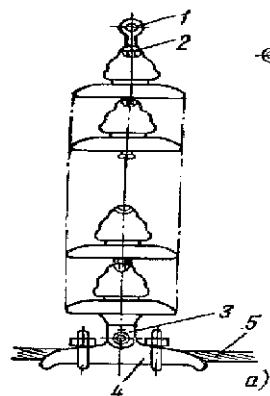
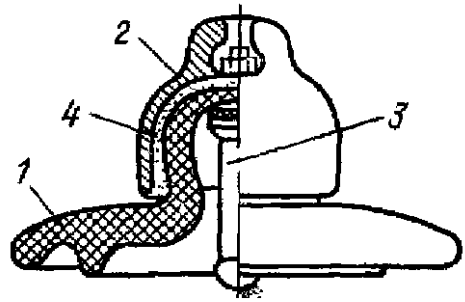
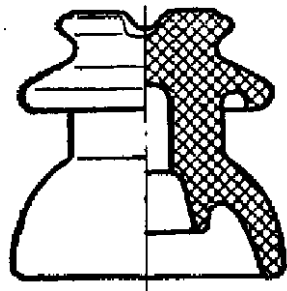
**Навои 2017 г.**













**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



# **ГЛОССАРИЙ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**ГЛОССАРИЙ**

**Электрическая цепь** – совокупность соединённых друг с другом источников электрической энергии и нагрузок, по которым может протекать электрический ток.

**Электрическая схема** – изображение электрической цепи с помощью условных знаков.

**Вольтамперная характеристика** – зависимость тока, протекающего по сопротивлению, от напряжения на этом сопротивлении.

**Линейные сопротивления** – сопротивления вольтамперные характеристики которых, прямые линии.

**Линейные цепи** – цепи с линейными сопротивлениями.

**Нелинейные цепи** – цепи с нелинейными сопротивлениями

**Управляемые нелинейные сопротивления** – сопротивления, имеющие управляющий электрод, воздействуя на ток или напряжение которой можно деформировать в.а.х..

**Инерционные нелинейные сопротивления** – сопротивления, нелинейность вольтамперных характеристик которых обусловлена измерением температуры.

**Безынерционные нелинейные сопротивления** – сопротивления нелинейность вольтамперных характеристик которых обусловлена иными (не тепловыми) процессами.

**Метод эквивалентного генератора** (метод активного двухполюсника или метод холостого хода и короткого замыкания) – метод расчёта тока в выделенной ветви, основанный на замене активного двухполюсника эквивалентным генератором.

**Смешанное соединение нелинейных элементов** – цепь, содержащая последовательно и параллельно соединённые ветви и группы ветвей с нелинейными элементами.

**Электродвижущая сила** – характеристика источников тока, определяемая отношением работы, совершаемой сторонними силами над зарядом при его движении по замкнутому контуру, к величине этого заряда.

**Сложно разветвлённые цепи** – цепь с четырьмя и более узлами, которая не может быть отображена схемой со смешанным соединением.

**Источник Э.Д.С.** – идеализированный источник питания, напряжение на зажимах которого постоянно и равно Э.Д.С., а внутреннее сопротивление равно 0.

**Активный нелинейный двухполюсник** – двухполюсник, содержащий нелинейный элемент электрической цепи и источник Э.Д.С.

**Теорема компенсации** – теорема о замене нелинейного сопротивления токозависимой Э.Д.С.

**Графический метод расчёта нелинейных электрических цепей постоянного тока** – используют нелинейные вольтамперные характеристики.

**Электромагнитные процессы**, протекающие в устройствах, могут быть описаны с помощью понятий э.д.с., тока, напряжения, сопротивления, проводимости, индуктивности, емкости.

**Источниками** электрической энергии являются гальванические элементы, аккумуляторы, термоэлементы, генераторы и другие устройства, в которых происходит процесс преобразования химической, молекулярно-кинетической, тепловой, механической или другого вида энергии в электрическую.

**Приемниками** электрической энергии (нагрузкой) служат электрические лампы, электронагревательные приборы, электрические двигатели и другие устройства, в которых электрическая энергия превращается в световую, тепловую, механическую и др.

**Электродвижущая сила  $E$**  численно равна разности потенциалов  $\varphi$  или напряжения  $U$  между положительным и отрицательным зажимами 1 и 2 источника энергии при отсутствии в нем тока.

**Источник э.д.с  $e$**  с последовательно соединенным сопротивлением  $R_{вн}$ , равным внутреннему сопротивлению реального источника.

**Источник тока  $s$**  с током  $i$  и параллельно с ним включенным сопротивлением  $R_{вн}$  (двойная стрелка в кружке указывает положительное направление тока)

**Потенциальной диаграммы** называют распределение потенциала вдоль неразветвленной электрической цепи или замкнутого контура можно наглядно представить в виде графика.

**Двухполюсником** называется часть электрической цепи произвольной конфигурации с двумя выделенными зажимами, именуемыми полюсами.

**Активными элементами** считаются источники электрической энергии: источники напряжения и источники тока.

**Пассивными элементами** электрической цепи относятся сопротивления, индуктивности и емкости.

**Постоянным током** называют ток, неизменный во времени. Постоянный ток представляет собой направленное упорядоченное движение частиц, несущих электрические заряды

**Ветвь** - это участок цепи, образованный последовательно соединенными элементами (через которые течет одинаковый ток) и заключенный между двумя узлами.

**Узел** - точка цепи, в которой сходятся не менее трех ветвей

**Первый закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма токов, подтекающих к любому узлу электрической схемы равна нулю (другими словами, сумма подтекающих к любому узлу токов равна сумме утекающих от узла токов).

**Второй закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма падений напряжений в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме э.д.с. вдоль этого же контура.

**Методом узловых потенциалов** называют метод расчета электрических цепей, в которых за неизвестные принимаются потенциалы узлов схемы.

**Смешанное соединение** представляет собой сочетание более простых соединений - последовательного и параллельного, рассмотренных выше.

**Сопротивлением** называется идеализированный элемент цепи, в котором происходит необратимый процесс преобразования электрической энергии в тепловую.

**Емкостью** называется идеализированный элемент электрической цепи, приближенно заменяющий конденсатор, в котором накапливается энергия электрического поля.

**Индуктивностью** называется идеализированный элемент электрической цепи, приближающийся по свойствам к индуктивной катушке, в которой накапливается энергия магнитного поля

**Мгновенная мощность**, производимая и отдаваемая источником Э.Д.С. и потребляемая двухполюсником, равна скорости совершения работы в данный момент времени

**Полной мощностью** называется величина, равная произведению действующих значений тока и напряжения на зажимах цепи

**Коэффициент мощностью** называется отношения активной

мощности к полной, равное косинусу угла сдвига фаз между напряжением и током

**Компенсацией сдвига фаз** называется уменьшение угла сдвига фаз между напряжением на приемнике и током, потребляемым от генератора.

**Коэффициентом мощности** называется отношение активной мощности к полной

**Контур** – пустой замкнутый путь, вдоль которого каждый узел встречается не больше одного раза

**Системой** электроснабжения называют - комплекс устройств для производства и преобразования, передачи и распределения электрической энергии.

**Продолжительный режим** - когда температура электродвигателя или трансформатора возрастает и устанавливается постоянным в зависимости от нагрузки.

**Кратковременный режим** - это такой режим, когда температура электродвигателя или трансформатора за время работы, не достигает установившегося значения, а за время охлаждения достигает до температуры окружающей среды.

**Повторно-кратковременный режим**, когда температура повышается во время работы и снижается во время паузы. Во время работы не превосходит допустимой температуры, а во время паузы не охлаждается до температуры окружающей среды.

**1 категория** - перерыв электроэнергии влечет собой нарушение технологического производства, угрозу жизни человека и массовый недоотпуск продукции. Эти потребители должны питаться от двух независимых источников питания.

**2 категория** - перерыв электроэнергии связано с массовым недоотпуском продукции, простых рабочих механизмов и транспорта.

**3 категория** - перерыв электроэнергии не приводит к ущербу народного хозяйства, допускается перерыв до 24 часов.

**Паротурбинные станции**, на которых в качестве первичного двигателя используется паровая турбина. На этих станциях турбина, соединенная непосредственно с генератором электрической энергии, образует энергетический агрегат, который носит название турбоагрегата;

**Паро-машинные станции,** на которых используется в качестве первичного двигателя поршневая паровая машина;

**Дизельные станции,** на которых установлены двигатели внутреннего сгорания;

**Газотурбинные станции,** на которых используется газовая турбина.

**Коммутационные аппараты** (выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, отделители, короткозамыкатели, контакторы, магнитные пускатели, рубильники);

**Защитные аппараты** (предохранители, ограничителя ударного тока, шунтирующие реакторы, разрядники) ;

**Токоограничивающие аппараты** (токоограничивающие реакторы и активные сопротивления, дугогасящие катушки);

**Измерительные аппараты** (трансформаторы тока и напряжения, емкостные делители напряжения и т. п.).

**Воздушной электрической линией (ВЛ)** называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе.

**Питающей линией** называется линия, питающая распределительный пункт (РП) или подстанцию (ТП) от центра питания ЦП) без распределения энергии по ее длине.

**Для выполнения воздушных линий** обычно применяются голые провода из меди, алюминия, стали и сплавов.

**Провода выполняются** однопроволочными и многопроволочными.

**У многопроволочных** проводов токоведущая жила состоит из многих свитых вместе проволок, сумма площадей поперечных сечений которых дает общее сечение.

**Многопроволочные провода** могут быть изготовлены либо из одного металла, либо из двух металлов (сталеалюминиевые ). В воздушных сетях наибольшее применение получили многопроволочные провода.

**Медные провода,** изготовленные из твердотянутой меди, обладают более высокой удельной электрической проводимостью, чем провода, выполненные из других металлов, поэтому при равных потерях энергии

на нагревание сечения медных проводов будут меньше, чем сечения других проводов.

**Алюминиевые провода** имеют удельную электрическую проводимость в 1,6 раза меньше, чем медные, их прочность также значительно ниже, чем у медных.

**Сталеалюминиевые провода**, имеющие механическую прочность, намного больше, чем алюминиевые, применяют в сетях с напряжением 35 кВ и выше при больших расстояниях между опорами.

**Деревянные опоры** применяются при сооружении линий напряжением до 110 кв. включительно.

**Железобетонные опоры** при индустриальном методе их изготовления являются наиболее эффективными.

**Анкерные опоры** предназначены для жесткого закрепления на них проводов линии.

**Промежуточные опоры** служат только для поддержания проводов на прямых участках линии между двумя анкерными опорами. Из общего количества опор, устанавливаемых на линии, на долю промежуточных приходится 80—90%.

**Угловые опоры** служат для изменения направления трассы линии. В зависимости от угла поворота линия угловые опоры по назначению и конструкции могут, быть изготовлены по типу промежуточных (при угле поворота до 20°) или по типу анкерных (при угле поворота от 20 до 90°).

**Концевые опоры** представляют собой опоры анкерного типа и предназначены для установки в начале и конце, линия.

**Силовые кабели** применяются для подземной и подводной передачи и распределения энергии на высоком и низком напряжении.

**Токпроводящие жилы** кабелей выполняются из меди или алюминия. Отечественные заводы изготавливают силовые кабели следующих стандартных сечений: 1;5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500 и 600 мм<sup>2</sup>. Силовые кабели изготавливаются на различные напряжения и в зависимости от этого имеют определенный диапазон стандартных сечений.

**Изолирующие оболочки** кабелей предназначены для изоляции токоведущих жил друг от друга (фазная изоляция) и от земли (поясная, изоляция).

**Защитные оболочки** кабелей служат для защиты изоляционных оболочек от разрушения при проникновении влаги и от механических повреждений.

**Трансформаторной подстанцией** называется электрическая установка, предназначенная для *преобразования и распределения электроэнергии*.

**В зависимости** от положения в сети электросистемы понизительные подстанции подразделяются *районные и местного значения*.

**Районные подстанции** питаются от районных сетей и предназначаются для электроснабжения крупных районов с промышленными, городскими и сельскохозяйственными потребителями. Такие подстанции имеют первичное напряжение 500, 220 и 110 кВ и вторичное напряжение 220, 110, 35, 10, 6 кВ.

**Подстанции местного значения** питаются от распределительных сетей высокого напряжения и предназначены для электроснабжения отдельных предприятий или районов города. Подстанции местного значения имеют первичное напряжение 220, 110, 35, 10, 6 кВ и вторичное напряжение 10, 6, 0,4/0,23 кВ.

**В зависимости** от конструктивного выполнения трансформаторные подстанции подразделяются на *закрытые*, электрооборудование которых устанавливается в зданиях, и *открытые* с электрооборудованием, устанавливаемым на открытом воздухе.

**По своему территориальному расположению различают следующие подстанции:** *внутрицеховые*, расположенные полностью в здании цеха; *встроенные*, имеющие одну или две наружные стены; *пристроенные*, имеющие три наружные стены, и, наконец, *отдельно стоящие*. По принципу обслуживания подстанции могут быть *сетевые* и *абонентские*. В первом случае подстанции обслуживаются персоналом энергосистемы, во втором случае — персоналом потребителя.

В последние годы все большее распространение получают комплектные трансформаторные подстанции и (КТП) для электроснабжения промышленных и коммунальных предприятий, общественных и административных зданий, а также строительных площадок.

КТП изготавливаются как для внутренней (КТПВ), так и для наружной (КТПН) установки. КТПВ выпускаются с трансформаторами мощностью не более 1000 кВА. В КТПН устанавливаются трансформаторы мощностью до 10 000 кВА.

**Узловые распределительные подстанции (УРП) 110-500 кВ**. Главные понизительные подстанции (ГПП) 110-220/6-10-35 кВ

**Подстанции глубоких вводов (ПГВ) 35-220/6-10 кВ**



**Распределительные пункты (РП) 6-10 кВ**

**Цеховые трансформаторные подстанции (ТП) 6-10/0,38-0,66 кВ**

**Питающие и отходящие** линии на подстанциях 6-10 кВ выполняются преимущественно кабельными, а на подстанциях 35-220 кВ - воздушными.

**Распределительным устройством (РУ)** называется электроустановка, предназначенная для *прима распределения энергии*

**Комплектные (КРУ)**, состоящие из металлических шкафов заводского изготовления, в которых встроены все электрические аппараты высокого напряжения, аппаратура защиты и измерительные приборы.

**Контрольно-измерительные** приборы, устанавливаемые на электрических станциях, подстанциях и распределительных пунктах, обеспечивают постоянный контроль за работой отдельных частей электрических установок.

**Амперметры** устанавливаются для непрерывного контроля величины тока на вводах ГПП, РП, подстанций, отходящих линий, перемычках между секциями сборных шин.

**Вольтметры и частотомеры** используются для контроля за качеством электроэнергии.

**Устройства дистанционного управления** и сигнализации, измерительные приборы, аппараты релейной защиты и автоматики электростанций и подстанций размещаются на щитах управления (ЩУ) и диспетчерских пунктах.

Частотомеры устанавливаются на сборных шинах электростанций и в цепи статоров генераторов, если они предназначены для параллельной работы.

**Счетчики** активной и реактивной электроэнергии устанавливаются в местах выработки и потребления электроэнергии для расчетного и технического учета

**Ваттметры** устанавливают для измерения активной мощности генераторов, мощных трансформаторов, синхронных компенсаторов, высоковольтных синхронных двигателей, а также линий, где необходимо контролировать перетоки мощности при двойном питании потребителей: от собственной электроэнергии и энергетической системы.

**Для измерения реактивной мощности** применяются  **в а р м е т р ы**.

**Генераторах, трансформаторах** и мощных электродвигателях предусматривают для *измерения температуры* — термометры: ртутные, манометрические, сопротивления.

**Ртутный термометр** фиксирует температуру в данный момент времени.

**Ртутно-контактный термометр** фиксирует температуру в данный момент времени и замыкает контакты цепи сигнализации при предельно допустимой для данного места измерения температуре.

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

**Счетчики**, устанавливаемые для расчетного учета, называются *расчетными счетчиками* и должны быть класса точности не ниже 2; если счетчики подключаются через измерительные трансформаторы, последние должны иметь класс точности 0,5.

**Техническим (контрольным) учетом электроэнергии** называется учет для контроля расхода электроэнергии электростанций, подстанции, предприятий, зданий, квартир.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



## **ТЕМЫ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

Выполняя первую контрольную работу, по темам таблицы-1, рефераты по 10-15 листов соответствуя темам, новые направления энергетики, правила и нормы, черчение электрических схем укрепят теоретические знания. Составляя план для этих тем нужно пользоваться литературой и отвечать точно на вопросы.

Таблица-1.

№ вар.	Шифр	Тема реферата.
1	2	3
1	01. 51	Общие понятия по электрическим сетям и системам. Его будущее.
2	02. 52	Номинальное напряжение электрических сетей. Категории потребителей.
3	03. 53	Элементы и конструкции воздушных линий. Виды электропроводов.
4	04. 54	Понятия об арматурах и изоляторах. Виды опор воздушных линии, конструкции и применение.
5	05. 55	Виды, применение, размещение, конструкции подземных кабельных линии.
6	06. 56	Способы определения повреждений кабелей и воздушных линий.
7	07.57	Понятия о «Короне». Вычисление сопротивления и проводимости кабелей, проводов.
8	08. 58	Активная и реактивная проводимость воздушных линии
9	09. 59	Определение проводимости и сопротивлении двух и трёх обмоточных трансформаторов.
10	10. 60	Понятия о мощностях и их комплексный вид.
11	11. 61	Потеря напряжения на линиях электропередачи.
12	12.62	Определение потери напряжения в трансформаторах.
13	13.63	Определение поперечного сечения провода электропередачи по условиям потери мощности.
14	14. 64	Потеря мощности в одном или нескольких нагрузочных электрических сетях.
15	15. 65	Потеря мощностей в трансформаторах.
16	16. 66	Потеря энергии в электрической сети. Определение потери энергии в одном или нескольких нагрузочных радиальных электрических сетей..
17	17. 67	Потеря энергии в трансформаторах.
18	18. 68	Определение потери электроэнергии при передаче в электрической сети.
19	19. 69	Понятие о поперечных сечении проводов и кабельных линий по экономических плотностях тока.
20	20. 70	Определение наилучшего варианта в электрической сети и системах технически-экономические показатели.

1	2	3
21	21. 710	Баланс мощностей у активных потребителей. Основные показатели электроэнергии в электрической сети.
22	22. 72	График годовой, месячный, суточный электра нагрузок
23	23. 73	Понятие об электрических нагрузок.
24	24. 74	Электрических схем районных электрических сетей..
25	25. 75	Определение расхода электроэнергии потребителей.
26	26. 76	Выбор и проверка проводов и кабеля по термической стойкостью.
27	27. 77	Потери напряжении проводов и кабеля.
28	28. 78	Способы определения площади поперечного сечения проводов и кабеля потребителей.
29	29.79	Способы определения площади поперечного сечения проводов и кабеля в электрической сети.
30	30.80	Определение проводов и кабеля по потери площади поперечного сечения.
31	31.81	Определение и выбор алюминиево-стального провода. (АС)
32	32.82	Выбор и виды автоматов и предохранителей.
33	33.83	Расчет радиальных сетей без трансформаторов.
34	34.84	Расчет радиальных сетей вместе с трансформаторами.
35	35.85	Способность проводимости линии электра передач.
36	36.86	Векторная диаграмма линии электра передач.
37	37.87	Общие понятия и вычисления о закрытых сетях потребителей.
38	38.88	Вычисление потребителей с двух сторонним источником.
39	39.89	Понятие компенсаций устройства реактивной мощности.
40	40.90	Вычисления равновесия мощностей
41	41.91	Определение потери напряжения у двухсторонних потребителей.
42	42.92	Вычисления и потеря сложных закрытых сетей.
43	43.93	Потеря напряжения в электрических сетях.
44	44.94	Способы автоматического управления электрических сетей и систем.
45	45.95	Несимметричные нагрузки систем и сетей.
46	46.96	Способы уменьшения потери электроэнергии в электрических сетях.
47	47.97	Качество и обеспечение электроэнергии.
48	48.98	Меры принятия на учёт электрических сетей и систем.
49	49.99	Электрооборудования в электрических сетях и системах.
50	50.100	Сегодняшнее положение и проблемы в электрических сетях и системах.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



**К Р И Т Е Р И И   О Ц Е Н О К**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**

РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

## КРИТЕРИИ ОЦЕНОК

знаний студентов на основе рейтинговой системы  
по дисциплине

### «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»

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 **«Электрические сети и системы»** предназначены для студентов обучающихся по направлению **5310200 – Электроэнергетика (по отраслям и направлениям образования бакалавриата.**

Критерии оценок рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Электроэнергетика» протокол № 1 «25» 08 2017 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

**«Электрические сети и системы»**

### **Этапы и формы проведения рейтинга по предмету «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

Изучение данного предмета предусмотрено для бакалавров 3-курса Электроэнергетический направлений бакалавриата на II семестрах учебного года.

Оценка усвоения бакалаврами данного предмета в течение всего семестра проводится на основе следующих показателей:

- Текущая оценка – (ТК);
- Промежуточный контроль-(ПК)
- Итоговый контроль – (ИК);

**Текущая 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 **«Электрические сети и**



**системы»** оцениваются по 100 бальной системе. Из них для **ТК** предусмотрено всего 35%, т.е. 35 баллов. В **ТК** включаются выполнение самостоятельной работы, подготовленный реферат, домашнее задание, пересказ содержания

пройденных текстов; Выполнение заданий и упражнений по тексту специальности. А для **ПК** предусмотрено также 35%, т.е. 35 баллов. В **ПК** также включаются выполнение самостоятельной работы, подготовленный реферат, домашнее задание, пересказ содержания пройденных текстов; Выполнение заданий и упражнений по тексту специальности.

**Итоговый контроль (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										Курсовой проект				
											Всего в процентах	ТК	ТК – 1		ТК – 2	ПК	ПК – 1		ПК – 2	ТКН+ПК		Проходной балл	ИК	Форма проведения ИК	Показатель успеваемости
													10	11			7	7							
1	3	5	18	72	36	18	18	40	Аб	60	35	10	11	35	10	11	70	39	30	письмен	100				
										40													7	7	7
2	3	6	18	108	54	-	54	80	Аб	60	35	10	11	35	10	11	70	39	30	письмен	100				
										40													7	7	7
3	3	6	18					-	Аб	100	100						-	-	-		100	КЛ			

**РЕЙТИНГОВАЯ ТАБЛИЦА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«Электрические сети и системы» за 5 семестр**  
(для бакалавров 3 курса)

<b>П/п</b>	<b>Виды контроля</b>	<b>Количество</b>	<b>Балл и кол.</b>	<b>Итого баллов</b>
<b>1. ТК - 35 балл</b>				
1.1.	Выполнение практических занятий	4	2,5x4	10
1.2.	Выполнение Лабораторных работ	4	2,7x4	11
1.3.	Выполнение самостоятельных работ	2	7x2	14
<b>2. ПК-35 балл</b>				
2.1.	ПК-1, письменная, (3 вопроса)	1	3,4x3	10
2.2.	ПК-2, письменная, (3 вопроса)	1	3,5x3	11
2.3.	Выполнение самостоятельных работ	2	7x2	14
<b><math>\Sigma</math>ТК+ПК</b>				<b>70</b>
<b>3. ИК-30 балл</b>				
3.1.	Итоговая контрольная работа (3 задания)	1	10x3=30	30
<b>Итого:</b>				<b>100</b>

## КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ЗА 5 СЕМЕСТР

Критерии оценок за единицу *самостоятельного работа и практического занятия* определяются по нижеследующим показателям:

%	Балл	Положение для оценки знаний бакалавра
86 -100	Практическая занятия: (2,1- 2,5 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>
71 - 85	Практическая занятия: (1,5 – 2,1 б)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ показатель неполного усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам;</li> <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	Практическая занятия: (0,8 – 1,5 б)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам;</li> <li>делать выводы и предложения по заданиям самостоятельной работ;</li> <li>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>

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

- 1 - Тема. Расчет потоков мощностей в замкнутых электрических сетях
- 2 – Тема Выбор трансформаторов и сечение проводов
- 3 – Тема Расчёт потерь мощностей трансформаторов и ЛЭП
- 4 - Тема. Расчёт потерь напряжения в ЛЭП

1.2. Студент который в полне самостоятельно выполнит лабораторную работу и имеющий в практическом 2,1-2,5 балл, полностью выполнявшему и смотрит количеству и качеству работу до 1,5 – 2,1 балла, не полностью выполнявшему студенту смотрит количеству и качеству работу получает балы до 0,8 – 1,5.

## ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

**Лаборатория-1** Ознакомление с основными элементами воздушных линий

**Лаборатория-2** Расчет номенального режима на статической модели переменного тока

**Лаборатория-3** Исследование режимов работы дальних линий электропередач

**Лаборатория-4** Исследование холостого хода дальних ЛЭП

Студент, набравший выше **55% - 39б** 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 «**Электрические сети и системы**» 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:

$$\text{ОБ}=\text{ТК}+\text{ПК}+\text{ИК}$$

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:

$$P=(OЧ*УУ)/100$$

Здесь: ОЧ – отведённые общие часы по предмету за семестр (в часах);

УУ –уровень успеваемости по предмету (в баллах).

**РЕЙТИНГОВАЯ ТАБЛИЦА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ» за 6 семестр**  
 (для бакалавров 3 курса)

П/п	Виды контроля	Количество	Балл и кол.	Итого баллов
<b>4. ТК - 35 балл</b>				
1.1.	Выполнение практических занятий	5	4,2x5	21
1.2.	Выполнение Лабораторных работ	-	-	-
1.3.	Выполнение самостоятельных работ	1	14	14
<b>5. ПК-35 балл</b>				
2.1.	ПК-1, письменная, (3 вопроса)	1	3,4x3	10
2.2.	ПК-2, письменная, (3 вопроса)	1	3,5x3	11
2.3.	Выполнение самостоятельных работ	2	7x2	14
<b>∑ТК+ПК</b>				<b>70</b>
<b>6. ИК-30 балл</b>				
3.1.	Итоговая контрольная работа (3 задания)	1	10x3=30	30
<b>Итого:</b>				<b>100</b>

## КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ЗА 6 СЕМЕСТР

Критерии оценок за единицу *самостоятельного рабата и практического занятия* определяются по нижеследующим показателям:

%	Балл	Положение для оценки знаний бакалавра
86 -100	Практическая занятия: (3,6- 4,2 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>
71 - 85	Практическая занятия: (2,6 – 3,6 б)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ показатель неполного усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам;</li> <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	Практическая занятия: (1,4 – 2,6 б)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ усвоения теоретических и практических знаний по пройденным темам;</li> <li>делать выводы и предложения по заданиям самостоятельной работ;</li> <li>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>

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

**1 – Тема** Расчет режим работы замкнутых электрических сетей.

**2 - Тема** Расчет режим работы ЛЭП двухсторонних питание.

**3- Тема** Расчет режим работы электрических сетей двух номинальных напряжением

**4 - Тема** Расчёт потерь мощностей и потери энергии трансформаторов и ЛЭП

**5 - Тема** Расчёт потерь напряжения в ЛЭП

1.2. Студент который в полне самостоятельно выполнит лабораторную работу и имеющий в практическом 3,6-4,2 балл, полностью выполнявшему и смотрит количеству и качеству работу до 2,6 – 3,6 балла, не полностью выполнявшему студенту смотрит количеству и качеству работу получает балы до 1,4-2,6.

Студент, набравший выше **55% - 39 б** от отведённого общего балла **текущего и промежуточного контроля** имеет право участвовать в итоговом контроле. Варианты итогового контроля не повторяются, каждый вариант состоит из 3-х заданий.

Итоговый контроль (**ИК**) по дисциплине «**Электрические сети и системы**» 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:

$$\text{ОБ}=\text{ТК}+\text{ПК}+\text{ИК}$$

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:

$$P=(\text{ОЧ}*\text{УУ})/100$$

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.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ  
“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**



## **СПИСОК ЛЕТЕРАТУРЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2017 г.**



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1.Идельчик Б.И.Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 Электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Энергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Энергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев ВА. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЭИ.-М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
9. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами /ПодЎқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1."Электр тармоқлари ва системалари" фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Ғайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойихасини бажариш учун ўқув-услубий қўлланма. Навоий 2014 й.
6. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, Энергия ., 1977
7. Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
8. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
9. Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)
10. Сайт: [www.uzenergy.uzpak.uz](http://www.uzenergy.uzpak.uz)