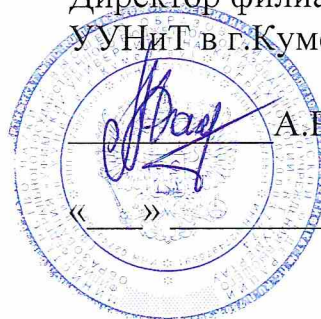


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» в г. Кумертау

Отделение дополнительного профессионального образования

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала  
УУНиТ в г.Кумертау



А.Р. Фахруллина

«    »    20\_\_ г.


**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ  
«Электроэнергетика и электротехника»**

Трудоемкость программы – 502 часа

Форма итоговой аттестации – итоговый междисциплинарный экзамен

Форма обучения – очно-заочная

Программа рассмотрена на заседании ученого совета филиала УУНиТ в г. Кумертау  
комиссией по учебной деятельности, протокол № 1 от 01.12 2022 г.

Председатель комиссии по учебной деятельности  Ерофеев А.В.

г.Кумертау, 2022

## Оглавление

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ .....	3
<b>1.1 Цель реализации программы</b> .....	3
<b>1.2 Характеристика нового вида профессиональной деятельности, присваиваемой квалификации</b> .....	4
<b>1.3. Результаты освоения программы профессиональной переподготовки</b> .....	7
1.4 Срок освоения ДППП .....	12
1.5 Трудоемкость ДППП .....	12
1.6 Форма обучения .....	12
1.7 Требования к слушателю .....	12
1.8. Форма итоговой аттестации .....	12
1.9. Документ о квалификации .....	12
2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ .....	13
2.1 Содержание ДППП .....	13
2.1.1. Структура и содержание практики/стажировки .....	13
<b>2.1.2. Структура и содержание теоретической части ДППП</b> .....	13
2.2 Документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации ДППП «Электроэнергетика и электротехника» .....	18
<b>2.2.1 Учебный план</b> .....	18
2.2.2 Календарный учебный график .....	18
2.2.3 Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей) .....	18
3 ФАКТИЧЕСКОЕ РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДППП .....	19
3.1 Кадровое обеспечение по модулям .....	19
3.2 Материально-техническое обеспечение учебного процесса .....	19
4. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ СЛУШАТЕЛЯМИ ДППП .....	20
4.1 Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной (при наличии) аттестации .....	20
4.2. Итоговая аттестация выпускников ДППП .....	20
5. Руководитель и составители программы .....	21
<b>Приложение 1. Учебный план</b> .....	22
Приложение 2. Календарный учебный график .....	24
Приложение 3. Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей) .....	25
Приложение 3. Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей) .....	25
Приложение 4. Фонд оценочных средств для проведения итоговой аттестации .....	182

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

## 1.1 Цель реализации программы

Формирование профессиональных компетенций, необходимых для приобретения нового вида профессиональной деятельности в сфере электроэнергетики и электротехники.

*Дополнительная программа профессиональной переподготовки в сфере «Электроэнергетика и электротехника», разработана на основе:*

- Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. №273-ФЗ;  
- Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 05.04.2017 г. N 301.

- Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) высшего образования (ВО) по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 03.09.2015 г. № 955.

- Профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи» утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 28 декабря 2015 г. № 1165н.

- Профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 июня 2018 года № 361н.

- Профессионального стандарта «Работник по обслуживанию оборудования подстанций электрических сетей» утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 декабря 2015 г. № 1177н.

- Профессионального стандарта «Работник по техническому обслуживанию и ремонту оборудования релейной защиты и автоматики электрических сетей» утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 июня 2017 г. № 524н.

Дополнительная программа профессиональной переподготовки (ДППП) «Электроэнергетика и электротехника» соответствует профессиональным стандартам, связь ДППП с профессиональными стандартами:

Наименование программы	Наименование выбранного профессионального стандарта (одного или нескольких)	Уровень квалификации
Федеральный государственный образовательный стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 03.09.2015 г. № 955.	20.030 Работник по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи, 20.031 Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи, 20.032 Работник по обслуживанию оборудования подстанций электрических сетей. 20.034. Работник по обслуживанию и ремонту оборудования релейной защиты и автоматики электрических сетей	6, 7

## **1.2 Характеристика нового вида профессиональной деятельности, присваиваемой квалификации**

*а) Область профессиональной деятельности слушателя, прошедшего обучение по программе профессиональной переподготовки для выполнения нового вида профессиональной деятельности «Электроэнергетика и электротехника» включает:*

Область профессиональной деятельности слушателя прошедшего обучение по программе профессиональной переподготовки для выполнения нового вида профессиональной деятельности по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» включает осуществления производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработку, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные процессы. Профессиональную деятельность слушатель программы профессиональной переподготовки может осуществлять на электрических станциях, подстанциях, сетевых и иных предприятиях энергетики.

*б) Объектами профессиональной деятельности являются:*

– **для электроэнергетики:** электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, транспортных систем и их объектов; установки высокого напряжения различного назначения, электроизоляционные материалы, конструкции и средства их диагностики, системы защиты от молнии и перенапряжений, средства обеспечения электромагнитной совместимости оборудования, высоковольтные электротехнологии; релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; энергетические установки, электростанции и комплексы на базе возобновляемых источников энергии;

– **для электротехники:** электрические машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии; электромагнитные системы и устройства механизмов, технологических установок и электротехнических изделий, первичных преобразователей систем измерений, контроля и управления производственными процессами; электрическая изоляция электроэнергетических и электротехнических устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей, электрических конденсаторов; электрический привод и автоматика механизмов и технологических комплексов в различных отраслях; электротехнологические установки и процессы, установки и приборы электронагрева; различные виды электрического транспорта, автоматизированные системы его управления и средства обеспечения оптимального функционирования транспортных систем; элементы и системы электрического оборудования автомобилей и тракторов; судовые автоматизированные электроэнергетические системы, преобразовательные устройства, электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их систем автоматизации, контроля и диагностики; электроэнергетические системы, преобразовательные устройства и электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их системы автоматизации, контроля и диагностики на летательных аппаратах; электрическое хозяйство и сети предприятий, организаций и учреждений; электрооборудование низкого и высокого напряжения; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства защиты человека, промышленных объектов и среды обитания от антропогенного воздействия; персонал.

*в) Виды профессиональной деятельности:*

- а) проектно-конструкторская;*
- б) производственно-технологическая;*
- в) организационно-управленческая;*
- г) монтажно-наладочная*

г) *Слушатель, успешно освоивший программу профессиональной переподготовки, готов решать профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа.*

Для проектно-конструкторской деятельности:

- готовностью участвовать в работе над проектами электроэнергетических и электротехнических систем и отдельных их компонентов;
- способностью разрабатывать простые конструкции электроэнергетических и электротехнических объектов;
- готовностью использовать информационные технологии в своей предметной области (ПК-10);
- способностью использовать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока;
- способностью применять способы графического отображения геометрических образов изделий и объектов электрооборудования, схем и систем;
- способностью оценивать механическую прочность разрабатываемых конструкций;
- готовностью обосновать принятие конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования;
- способностью рассчитывать схемы и элементы основного оборудования, вторичных цепей, устройств защиты и автоматики электроэнергетических объектов;
- установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических объектов;
- готовностью разрабатывать технологические узлы электроэнергетического оборудования.

Для производственно-технологической деятельности:

- способностью использовать технические средства для измерения основных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов и систем и происходящих в них процессов.
- способностью использовать современные информационные технологии, управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ в своей предметной области;
- способностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, элементы экономической деятельности;
- готовностью обосновывать технические решения при разработке технологических процессов и выбирать технические средств и технологии с учетом экологических последствий их применения;
- способностью использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны;
- готовностью определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса по заданной методике;
- способностью контролировать режимы работы оборудования объектов электроэнергетики;
- готовностью осуществлять оперативные изменения схем, режимов работы энергообъектов;
- способностью составлять и оформлять оперативную документацию, предусмотренную правилами эксплуатации оборудования и организации работы;
- готовностью участвовать в монтажных, наладочных, ремонтных и профилактических работах на объектах электроэнергетики.

Для организационно-управленческой деятельности:

- способностью анализировать процесс как объект управления;
- способностью определять стоимостную оценку основных производственных ресурсов;
- способностью к решению конкретных задач в области организации нормирования труда;
- готовностью систематизировать и обобщать информацию по использованию и формированию ресурсов предприятия;
- готовностью к кооперации с коллегами и работе в коллективе и к организации работы малых коллективов исполнителей;

- способностью к дальнейшему обучению на втором уровне высшего профессионального образования, получению знаний в рамках одного из конкретных профилей в области научных исследований и педагогической деятельности;

- способностью координировать деятельность членов трудового коллектива;

- готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины;

- готовностью контролировать соблюдение требований безопасности жизнедеятельности;

- готовностью обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качество в продукции.

Для монтажно-наладочной деятельности:

- способностью монтажу, регулировке испытаниям и сдаче в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;

- готовностью к наладке, и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.

для сервисно-эксплуатационной деятельности:

- готовностью к проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта;

- готовностью к составлению заявок на оборудование и запасные части и подготовке технической документации на ремонт;

- готовностью к составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний.

### 1.3. Результаты освоения программы профессиональной переподготовки

№	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
1	УК-8: Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	- Владеть навыками оказания первой медицинской помощи; - Владеть методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.	- Уметь распознавать и оценивать опасности, определять способы надежной защиты от них, оказывать само- и взаимопомощь.	- Знать правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности, средства, методы повышения безопасности.
2	ОПК-2: Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	- Владеть методами теоретического и экспериментального исследования при расчете параметров режимов работы электрических схем.	- Уметь применять математическую модель расчета электрических схем, анализировать и моделировать режимы работы схем.	- Знать основы применения соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при расчете электрических схем.
3	ОПК-3: Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	- Владеть методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях. - Владеть навыками проведения лабораторных экспериментов по теории электрических цепей. - Владеть методами анализа режимов работы трансформаторов и электрических машин.	- Уметь использовать законы и методы расчета электрических, магнитных и электронных цепей. - Уметь составлять модели (схемы замещения) магнитных, электрических, электронных и электромагнитных цепей. - Уметь применять знания теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами при моделировании режимов работы электрических машин.	- Знать теоретические основы электротехники. - Знать основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей. - Знать методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах. - Знать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, а также принцип действия электрических машин.

4	ОПК-5: Способность проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть методикой проведения электротехнических измерений.</li> <li>- Владеть навыками измерения электрических и неэлектрических величин с помощью измерительной аппаратуры цепей обмоток электрических машин.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь использовать технические средства измерений различных классов.</li> <li>- Уметь применять основы измерения электрических и неэлектрических величин цепей обмоток и питания электрических машин.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать основные технические средства для измерения и контроля параметров электрооборудования.</li> <li>- Знать основы измерения электрических и неэлектрических величин цепей обмоток электрических машин.</li> </ul>
5	ОК-9 Способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть навыками оказания первой медицинской помощи.</li> <li>- Владеть методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь распознавать и оценивать опасности, определять способы надежной защиты от них, оказывать само- и взаимопомощь.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности, средства, методы повышения безопасности.</li> </ul>
6	ПК*-1 Способность участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть методикой выбора и расчета параметров термодинамических процессов энергетических установок.</li> <li>- Владеть методикой расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей и потерь мощности электроэнергии.</li> <li>- Владеть навыками анализа исходных данных для проектирования и выбора оптимального состава оборудования систем электроснабжения.</li> <li>- Владеть способом подготовки разделов предпроектной документации на основе типовых технических решений.</li> <li>- Владеть навыками проектирования релейной защиты и автоматики систем электроснабжения и их компонентов.</li> <li>- Владеть экспериментальными исследованиями по заданной методике, обработкой результатов экспериментов.</li> <li>- Владеть средствами разработки и поддержки САПР.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь анализировать социально значимые проблемы производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок.</li> <li>- Уметь определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей.</li> <li>- Уметь решать практические задачи по выбору технологического оборудования современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на энергообъектах.</li> <li>- Уметь обосновывать выбор целесообразного решения.</li> <li>- Уметь представлять графические и текстовые конструкторские документы в соответствии с требованиями стандартов.</li> <li>- Уметь представлять графические и текстовые конструкторские документы в соответствии с требованиями стандартов.</li> <li>- Уметь применять современные методы исследования и испытаний электрооборудования.</li> <li>- Уметь применять принципы построения системы информационного обеспечения САПР.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать закономерности производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок.</li> <li>- Знать конструктивное выполнение электрических сетей, методы и средства регулирования их режимов.</li> <li>- Знать основное технологическое оборудование для создания современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на электроэнергетических объектах и требования в области проектирования, монтажа, наладки и эксплуатации подобных автоматизированных систем применительно к условиям функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности.</li> <li>- Знать методы сбора и анализа данных для проектирования, составляет конкурентно-способные варианты технических решений.</li> <li>- Знать электрические аппараты; аппараты автоматики и управления; электронные, микропроцессорные и гибридные электрические аппараты; теоретические основы производства, передачи,</li> </ul>



				<p>преобразования и распределения электроэнергии.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать нормативно-техническую документацию, отечественный и зарубежный опыт по диагностике.</li> <li>- Знать методическую и лингвистическую компоненты подсистем САПР.</li> </ul>
7	<p>ПК*-2 Способность анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть навыками выработки мотивации к выполнению профессиональной деятельности в области основ электроэнергетики.</li> <li>- Владеть методикой определения качества электрической энергии и его обеспечение в электрической системе.</li> <li>- Владеть навыками выбора и монтажа оборудования электрических станций и подстанций.</li> <li>- Владеть методами математического анализа и моделирования для определения надежности электрооборудования и систем электроснабжения.</li> <li>- Владеть методами расчета параметров режимов работы систем электроснабжения.</li> <li>- Владеть методами расчета параметров электротехнических устройств и электроустановок</li> <li>- Владеть методами обработки и вычисления результатов испытаний.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь аргументировано строить устную и письменную речь, анализировать социально значимые проблемы производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок.</li> <li>- Уметь проводить расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей.</li> <li>- Уметь выбирать, подключать и испытывать оборудования электрических станций и подстанций.</li> <li>- Уметь рассчитывать режимы работы электрооборудования и систем электроснабжения.</li> <li>- Уметь анализировать режимы работы видов релейной защиты и автоматики.</li> <li>- Уметь применять методы расчёта режимов переходных процессов в электроэнергетических системах.</li> <li>- Уметь применять электротехнические законы в технике.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать состояния и перспективы развития энергетической системы России.</li> <li>- Знать характеристик и параметров элементов электроэнергетической системы.</li> <li>- Знать конструктивное исполнение, параметры и режимы работы оборудования электрических станций и подстанций.</li> <li>- Знать методы и средства определения надежности систем электроснабжения.</li> <li>- Знать особенности режимов работы видов релейной защиты и автоматики систем электроснабжения объектов.</li> <li>- Знать режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам.</li> <li>- Знать физические процессы электрического пробоя в различных средах, принципы выполнения и испытания изоляции высоким напряжением.</li> </ul>
8	<p>ПК*-3 Способность применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть методами испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</li> <li>- Владеть навыками эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.</li> <li>- Владеть навыками диагностики и расчета режимов работы технических средств с точки зрения их электромагнитной совместимости.</li> <li>- Владеть практическими навыками по использованию, техническому обслуживанию, диагностики и предупредительному ремонту элементов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</li> <li>- Уметь применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.</li> <li>- Уметь оценивать надёжность, техническое состояние и уровень помехозащищенности электротехнического оборудования и объектов электроэнергетики.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</li> <li>- Знать методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.</li> <li>- Знать основы теории, методы и организацию технической эксплуатации электротехнического оборудования, а также способы оценки технического состояния объектов электроэнергетики.</li> <li>- Знать основы теории и методы эксплуатационных испытаний и</li> </ul>

		электротехнического и электроэнергетического оборудования.	- Уметь организовывать и проводить техническое обслуживание электрооборудования, вести документацию по эксплуатации.	диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования, виды документации по испытаниям.
9	ПК*-4 Способность использовать правила техники безопасности в электроустановках	- Владеть методами и приемами обеспечения электробезопасности.	- Уметь оказать первую помощь пострадавшему при поражении электрическим током.	- Знать причины электротравм, действие электрического тока на человека.
10	ПК*-5 Способность проводить экономическое обоснование проектных решений	- Владеть системой методов и показателей оценки эффективности проектов и их оптимизации с учетом возможных рисков дедукции и фирм.	- Уметь использовать методики анализа для обоснования проектных решений. - Уметь осуществлять анализ возможных рисков проектов в различных экономических ситуациях. - Уметь рассчитывать показатели эффективности проектов с учетом фактора неопределенности.	- Знать основные понятия, категории и принципы экономического обоснования проектов. - Знать систему методов и показателей оптимизации проектных решений.
11	ПК*-6 Способность проводить энергетическое обследование объектов профессиональной деятельности	- Владеть методами проведения энергетического обследования объектов электроэнергетики, а также приемами устранения электромагнитных помех.	- Уметь определять параметры электрооборудования и линий электропередач.	- Знать показатели качества электроэнергии, особенности аварийных и ненормальных режимов работы сетей.
12	ПК*-7 Способность составлять и оформлять типовую техническую документацию	- Владеть навыками расчета режимов работы электроэнергетических установок. - Владеть навыками проектирования объектов электроэнергетики и их компонентов. - Владеть навыками работы с функциональными и структурными схемами РЗА. - Владеть навыками анализа и оценки состояния технической документации на энергетические установки. - Владеть навыками расчета САПР.	- Уметь определять состав оборудования электроэнергетических объектов и их параметры. - Уметь работать над проектами объектов электроэнергетической промышленности и их компонентов. - Уметь использовать нормативную техническую документацию и инструкции, разрабатывать рабочую техническую документацию в области релейной защиты и автоматики. - Уметь организовывать разработку и ведение типовой технической документации энергетических установок. - Уметь определять состав САПР.	- Знать режимы работы электроэнергетических установок. - Знать нормативно-технические документы в области проектно-конструкторской деятельности. - Знать виды технологической и отчетной документации, основные требования, нормы и правила оформления проектной и другой технической документации в соответствии с отраслевыми стандартами. - Знать особенности составления и оформления типовой технической документации. - Знать виды документов в САПР.
13	ПК*-9 Способность использовать современное программное обеспечение для проектирования и	- Владеть современными компьютерными системами для получения информации о результатах расчёта параметров и режимов электроэнергетических систем и сетей.	- Уметь применять современные компьютерных систем для получения информации о результатах расчёта параметров и режимов электроэнергетических систем и сетей.	- Знать современные информационных и телекоммуникационных систем для расчёта параметров и режимов электроэнергетических систем и сетей.

	эксплуатации систем электроснабжения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть навыками программной настройки режимов работы электроэнергетического оборудования.</li> <li>- Владеть способами обработки результатов проектирования объектов систем электроснабжения с помощью современного программного обеспечения и компьютерных технологий.</li> <li>- Владеть навыками работы на компьютере.</li> <li>- Владеть современными компьютерными системами САПР.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь применять современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</li> <li>- Уметь использовать современные компьютерные технологии и программное обеспечение при создании карт селективности релейных и микропроцессорных устройств.</li> <li>- Уметь пользоваться современными информационными и телекоммуникационными систем.</li> <li>- Уметь применять современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</li> <li>- Уметь применять современные компьютерные системы САПР.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</li> <li>- Знать статистическую теорию обработки результатов проектирования в электроэнергетике, современное программное обеспечение для расчета уставок и параметров релейной защиты и автоматики.</li> <li>- Знать современные информационные и телекоммуникационные систем для расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах.</li> <li>- Знать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</li> <li>- Знать современные информационных и телекоммуникационных систем САПР.</li> </ul>
14	ПК*-10 Способность составлять технологические схемы станций и подстанций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть методами расчета параметров электроустройств электрических станций и подстанций, релейной защиты и автоматики, систем электроснабжения.</li> <li>- Владеть навыками применения современных компьютерных систем для получения информации о результатах расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах.</li> <li>- Владеть навыками разработки однолинейных схем станций и подстанций с применением типового набора электрооборудования; навыками проектирования станций и подстанций и оформления проектной и конструкторской документации.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь определять параметры электрических аппаратов, машин, оборудования электрических станций и подстанций.</li> <li>- Уметь применять известные методы для расчета параметров и производить выбор основного электрооборудования станций и подстанций.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать схемы и параметры основного электротехнического и коммутационного оборудования электростанций и подстанций.</li> <li>- Знать основные технологические схемы; типовые однолинейные электрические схемы станций и подстанций.</li> </ul>

#### 1.4 Срок освоения ДППП

Срок освоения ДППП 4 месяца.

#### 1.5 Трудоемкость ДППП

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 502 часа, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

#### 1.6 Форма обучения.

Форма обучения устанавливается при наборе группы слушателей и фиксируется в договорах с заказчиками на оказание образовательных услуг.

#### 1.7 Требования к слушателю

Поступающими слушателями могут быть лица, имеющие среднее профессиональное и (или) высшее образование, а также лица, получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование.

#### 1.8. Форма итоговой аттестации

Форма итоговой аттестации: итоговый междисциплинарный экзамен.

#### 1.9. Документ о квалификации

Диплом о профессиональной переподготовке установленного образца.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1 Содержание ДППП

#### 2.1.1. Структура и содержание практики/стажировки

Структура и содержание практики/стажировки (при наличии) не предусмотрена.

#### 2.1.2. Структура и содержание теоретической части ДПП

Результаты обучения (освоенные компетенции)	Умения и знания	Учебные дисциплины
1	2	3
УК-8 Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	<b>Знать</b> правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности, средства, методы повышения безопасности; <b>Уметь</b> распознавать и оценивать опасности, определять способы надежной защиты от них, оказывать само- и взаимопомощь;	Безопасность жизнедеятельности
ОПК-2: Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<b>Знать:</b> основы применения соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при расчете электрических схем. <b>Уметь:</b> применять математическую модель расчета электрических схем, анализировать и моделировать режимы работы схем.	Теоретические основы электротехники
	<b>Знать:</b> основы применения соответствующего физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при расчете и построения характеристик электрических машин. <b>Уметь:</b> применять математическую модель расчета электрических машин, анализировать и моделировать режимы работы двигателей и генераторов.	Электрические машины
	<b>Знать:</b> математический аппарат линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной <b>Уметь:</b> применять понимание физических явлений в электрических и электронных аппаратах	Электрические и электронные аппараты
ОПК-3: Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	<b>Знать:</b> -теоретические основы электротехники; -основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей; -методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах. <b>Уметь:</b> - использовать законы и методы расчета электрических, магнитных и электронных цепей; - составлять модели (схемы замещения) магнитных, электрических, электронных и электромагнитных цепей.	Теоретические основы электротехники
	<b>Знать:</b> методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, а также принцип действия электрических машин <b>Уметь:</b> применять знания теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами при моделировании режимов работы электрических машин.	Электрические машины

	<p><b>Знать:</b> принцип действия электронных устройств</p> <p><b>Уметь:</b> Анализировать установившиеся режимы работы электрических и электронных аппаратов, использует знание их режимов работы и характеристик</p>	Электрические и электронные аппараты
ОПК-5: Способность проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> - основные технические средства для измерения и контроля параметров электрооборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> - использовать технические средства измерений различных классов</p>	Теоретические основы электротехники
	<p><b>Знать:</b> основы измерения электрических и неэлектрических величин цепей обмоток электрических машин</p> <p><b>Уметь:</b> применять основы измерения электрических и неэлектрических величин цепей обмоток и питания электрических машин.</p>	Электрические машины
	<p><b>Знать:</b> средства измерения, параметров электрических и электронных аппаратов</p> <p><b>Уметь:</b> проводить измерения электрических, обрабатывает результаты измерений</p>	Электрические и электронные аппараты
	<p><b>Знать:</b> средства измерения параметров и характеристик сигналов и цепей.</p> <p><b>Уметь:</b> Проводить измерения электрических неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений параметров и характеристик сигналов и цепей.</p>	Основы электроизмерений
ОК-9 Способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций	<p><b>Знать:</b> правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности, средства, методы повышения безопасности</p> <p><b>Уметь:</b> распознавать и оценивать опасности, определять способы надежной защиты от них, оказывать само- и взаимопомощь</p>	Безопасность жизнедеятельности
ПК*-1 Способность участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> Закономерности производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок</p> <p><b>Уметь:</b> Анализировать социально значимые проблемы производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок</p>	Основы электроэнергетики
	<p><b>Знать:</b> конструктивное выполнение электрических сетей, методы и средства регулирования их режимов</p> <p><b>Уметь:</b> определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей</p>	Электроэнергетические системы и сети
	<p><b>Знать:</b> - основное технологическое оборудование для создания современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на электроэнергетических объектах и требования в области проектирования, монтажа, наладки и эксплуатации подобных автоматизированных систем применительно к условиям функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности.</p> <p><b>Уметь:</b> - решать практические задачи по выбору технологического оборудования современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на энергообъектах.</p>	Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии
	<p><b>Знать:</b> электрические аппараты; аппараты автоматики и управления; электронные, микропроцессорные и гибридные электрические аппараты; теоретические основы производства, передачи, преобразования и распределения электроэнергии.</p> <p><b>Уметь:</b></p>	Релейная защита и автоматика

	представлять графические и текстовые конструкторские документы в соответствии с требованиями стандартов.	
	<p><b>Знать:</b> - нормативно-техническую документацию, отечественный и зарубежный опыт по диагностике.</p> <p><b>Уметь:</b> - применять современные методы исследования и испытаний электрооборудования.</p>	Электроснабжение промышленных предприятий
	<p><b>Знать:</b> методическую и лингвистическую компоненты подсистем САПР</p> <p><b>Уметь:</b> применять принципы построения системы информационного обеспечения САПР</p>	Системы автоматизированного проектирования электроснабжения
ПК*-2 Способность анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	<p><b>Знать:</b> Состоянии и перспективы развития энергетической системы России.</p> <p><b>Уметь:</b> Аргументировано строить устную и письменную речь, анализировать социально значимые проблемы производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок</p>	Основы электроэнергетики
	<p><b>Знать:</b> характеристик и параметров элементов электроэнергетической системы</p> <p><b>Уметь:</b> проводить расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей</p>	Энергетические системы и сети
	<p><b>Знать:</b> конструктивное исполнение, параметры и режимы работы оборудования электрических станций и подстанций</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать, подключать и испытывать оборудования электрических станций и подстанций</p>	Электрические станции и подстанции
	<p><b>Знать:</b> методы и средства определения надежности систем электроснабжения</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать режимы работы электрооборудования и систем электроснабжения и их параметры</p>	Надежность электроснабжения
	<p><b>Знать:</b> особенности режимов работы видов релейной защиты и автоматики систем электроснабжения объектов.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать режимы работы видов релейной защиты и автоматики</p>	Релейная защита и автоматика
	<p><b>Знать:</b> режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы расчёта режимов переходных процессов в электроэнергетических системах</p>	Переходные процессы в энергетических системах
	<p><b>Знать:</b> - физические процессы электрического пробоя в различных средах, принципы выполнения и испытания изоляции высоким напряжением.</p> <p><b>Уметь:</b> - применять электротехнические законы в технике.</p>	Электроснабжение промышленных предприятий
ПК*-3 Способность применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования	<p><b>Знать:</b> методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.</p>	Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии
	<p><b>Знать:</b> методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.</p>	Эксплуатационный контроль и техническая диагностика

		электрооборудования
	<p><b>Знать:</b> основы теории, методы и организацию технической эксплуатации электротехнического оборудования, а также способы оценки технического состояния объектов электроэнергетики</p> <p><b>Уметь:</b> оценивать надёжность, техническое состояние и уровень помехозащищённости электротехнического оборудования и объектов электроэнергетики.</p>	Электромагнитная совместимость
	<p><b>Знать:</b> основы теории и методы эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования, виды документации по испытаниям</p> <p><b>Уметь:</b> организовывать и проводить техническое обслуживание электрооборудования, вести документацию по эксплуатации.</p>	Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения
ПК*-4 Способность использовать правила техники безопасности в электроустановках	<p><b>Знать:</b> - причины электротравм, действие электрического тока на человека.</p> <p><b>Уметь:</b> - оказать первую помощь пострадавшему при поражении электрическим током.</p>	Электробезопасность
ПК*-5 Способность проводить экономическое обоснование проектных решений	<p><b>Знать:</b> - основные понятия, категории и принципы экономического обоснования проектов; - систему методов и показателей оптимизации проектных решений</p> <p><b>Уметь:</b> -использовать методики анализа для обоснования проектных решений; - осуществлять анализ возможных рисков проектов в различных экономических ситуациях; - рассчитывать показатели эффективности проектов с учетом фактора неопределенности</p>	Экономика и организация энергетического производства
ПК*-6 Способность проводить энергетическое обследование объектов профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> показатели качества электроэнергии, особенности аварийных и ненормальных режимов работы сетей.</p> <p><b>Уметь:</b> определять параметры электрооборудования и линий электропередач.</p>	Электромагнитная совместимость
ПК*-7 Способность составлять и оформлять типовую техническую документацию	<p><b>Знать:</b> режимы работы электроэнергетических установок</p> <p><b>Уметь:</b> определять состав оборудования электроэнергетических объектов и их параметры</p>	Электроэнергетические системы и сети
	<p><b>Знать:</b> нормативно-технические документы в области проектно-конструкторской деятельности</p> <p><b>Уметь:</b> работать над проектами объектов электроэнергетической промышленности и их компонентов</p>	Электрические станции и подстанции
	<p><b>Знать:</b> виды технологической и отчетной документации, основные требования, нормы и правила оформления проектной и другой технической документации в соответствии с отраслевыми стандартами</p> <p><b>Уметь:</b> использовать нормативную техническую документацию и инструкции, разрабатывать рабочую техническую документацию в области релейной защиты и автоматики</p>	Релейная защита и автоматика
	<p><b>Знать:</b> - особенности составления и оформления типовой технической документации;</p> <p><b>Уметь:</b> - организовывать разработку и ведение типовой технической документации энергетических установок</p>	Электроснабжение промышленных предприятий



	<p><b>Знать:</b> виды документов в САПР</p> <p><b>Уметь:</b> определять состав САПР</p>	Системы автоматизированного проектирования электроснабжения
ПК*-9 Способность использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения	<p><b>Знать:</b> современные информационных и телекоммуникационных систем для расчёта параметров и режимов электроэнергетических систем и сетей</p> <p><b>Уметь:</b> применять современные компьютерных систем для получения информации о результатах расчёта параметров и режимов электроэнергетических систем и сетей</p>	Электроэнергетические системы и сети
	<p><b>Знать:</b> современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</p> <p><b>Уметь:</b> применять современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</p>	Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии
	<p><b>Знать:</b> статистическую теорию обработки результатов проектирования в электроэнергетике, современное программное обеспечение для расчета уставок и параметров релейной защиты и автоматики</p> <p><b>Уметь:</b> использовать современные компьютерные технологии и программное обеспечение при создании карт селективности релейных и микропроцессорных устройств</p>	Релейная защита и автоматика
	<p><b>Знать:</b> современные информационные и телекоммуникационные систем для расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться современными информационными и телекоммуникационными систем</p>	Переходные процессы в электроэнергетических системах
	<p><b>Знать:</b> современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</p> <p><b>Уметь:</b> применять современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.</p>	Электроснабжение промышленных предприятий
	<p><b>Знать:</b> современные информационных и телекоммуникационных систем САПР</p> <p><b>Уметь:</b> применять современные компьютерные системы САПР</p>	Системы автоматизированного проектирования электроснабжения
	ПК*-10 Способность составлять технологические схемы станций и подстанций	<p><b>Знать:</b> схемы и параметры основного электротехнического и коммутационного оборудования электростанций и подстанций</p> <p><b>Уметь:</b> определять параметры электрических аппаратов, машин, оборудования электрических станций и подстанций</p>
<p><b>Знать:</b> - основные технологические схемы; типовые однолинейные электрические схемы станций и подстанций</p> <p><b>Уметь:</b> - применять известные методы для расчета параметров и производить выбор основного электрооборудования станций и подстанций;</p>		Электроснабжение промышленных предприятий

## **2.2 Документы, регламентирующие содержание и организацию образовательного процесса при реализации ДППП «Электроэнергетика и электротехника»**

В соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам утвержденного Приказом № 499 от 01 июля 2013 г. содержание и организация образовательного процесса при реализации данной ДППП регламентируется учебным планом профессиональной переподготовки; рабочими программами учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей); материалами, обеспечивающими качество подготовки слушателей; годовым календарным учебным графиком, а также методическими материалами, обеспечивающими реализацию соответствующих образовательных технологий.

### **2.2.1 Учебный план**

Учебный план представлен в Приложении 1.

### **2.2.2 Календарный учебный график**

Календарный учебный график представлен в Приложении 2.

### **2.2.3 Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей)**

Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей) представлены в Приложении 3.

## **3 ФАКТИЧЕСКОЕ РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДППП**

### **3.1 Кадровое обеспечение по модулям**

Уровень кадрового потенциала характеризуется выполнением требований к наличию и квалификации научно-педагогических кадров в соответствии с действующей нормативно-правовой базой.

Квалификация руководящих и научно-педагогических работников организации соответствует квалификационным характеристикам, установленным в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих, разделе «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования», и профессиональным стандартам.

Доля научно-педагогических работников, имеющих образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, в общем числе научно-педагогических работников, реализующих образовательную программу, не менее 70%.

Доля преподавателей, имеющих ученую степень доктора или кандидата наук, в общем числе преподавателей, обеспечивающих образовательный процесс не менее 40%.

Доля преподавателей, имеющих основное место работы в данном вузе, в общем числе преподавателей, обеспечивающих образовательный процесс более 50%.

### **3.2 Материально-техническое обеспечение учебного процесса**

Для реализации ДППП в вузе имеется материально-техническая база, обеспечивающая проведение всех видов лекционной, лабораторной, практической подготовки, предусмотренных учебным планом, и соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Материально-техническая база обеспечена наличием:

- лекционных аудиторий с современными средствами демонстрации;
- оборудованием для оснащения лабораторий, в том числе современного, высокотехнологичного оборудования, обеспечивающего реализацию ДППП;
- вычислительного и телекоммуникационного оборудования и программных средств, необходимых для реализации ДППП и обеспечения физического доступа к информационным сетям, используемым в образовательном процессе и научно-исследовательской деятельности;
- прав на объекты интеллектуальной собственности, необходимых для осуществления образовательного процесса и научно-исследовательской деятельности;
- других материально-технических ресурсов.

В течение всего периода обучения слушателям обеспечен индивидуальным неограниченным доступ к одной или нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам) и к электронной информационно-образовательной среде организации. Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда обеспечивают возможность доступа из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», как на территории организации, так и вне ее.

При подготовке слушателей по профессиональной переподготовке «Электроэнергетика и электротехника» используется полный комплект современного лицензионного программного обеспечения (ПО).

## **4. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ СЛУШАТЕЛЯМИ ДППП**

Оценка качества освоения слушателями образовательных программ профессиональной переподготовки включает промежуточную и итоговую аттестацию слушателей. Итоговая аттестация слушателей является обязательной и осуществляется после освоения дополнительной программы в полном объеме. Итоговая аттестация включает защиту итогового междисциплинарного экзамена.

### **4.1 Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной (при наличии) аттестации**

Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной (при наличии) аттестации представлены в рабочих программах дисциплин в Приложении 3.

### **4.2. Итоговая аттестация выпускников ДППП**

Итоговый экзамен; фонд оценочных средств для проведения итоговой аттестации представлен в Приложении 4.

## **5. Руководитель и составители программы**

Руководитель программы: А.Р. Фаткуллин, канд. техн. наук, доцент.

Составители программы:

А.Р. Фаткуллин, канд. техн. наук, доцент (дисциплины: 4, 6, 18, 19)

А.В. Ерофеев, канд. экон. наук, доцент (дисциплины: 3, 7, 13)

Д.М. Лазарев, канд. техн. наук, старший преподаватель (дисциплины: 1, 9)

А.В. Бондарев, канд. техн. наук, доцент (дисциплины: 2, 5, 8, 10, 15, 16)

С.В. Федоров, канд. техн. наук, доцент (дисциплины: 11, 12, 14, 17)

Приложение 1. Учебный план

Семестр	Наименование дисциплины (модуля)	Трудоемкость, час	Контакт. работа всего, ауд. час.	в том числе, час			СРС, час	Текущий контроль, час		Промежуточная аттестация, час	
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		РГР	КР/КП	Зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	Теоретические основы электротехники	24	14	8	-	4	10	-	-	-	2
	Основы электроизмерений	23	13	6	-	2	10	4	-	1	-
	Электробезопасность	21	11	6	-	4	10	-	-	1	-
	Электрические машины	22	10	4	-	4	12	-	-	-	2
	Основы электроэнергетики	27	17	6	-	4	10	6	-	1	-
	Электрические и электронные аппараты	22	12	6	-	4	10	-	-	-	2
	<b>Всего I семестр</b>		139	77	36	0	22	62	10	0	3
II	Безопасность жизнедеятельности	19	9	6	-	2	10			1	
	Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии	30	18	8	-	2	12	6	-	-	2
	Переходные процессы в электроэнергетических системах	23	13	8	-	4	10	-	-	1	-
	Эксплуатационный контроль и техническая диагностика электрооборудования	24	12	8	-	2	12	-	-	-	2
	Энергетические системы и сети	31	21	6	-	6	10	-	8	1	-
	Электромагнитная совместимость	17	7	4	-	2	10	-	-	1	-

	<b>Всего II семестр</b>	144	80	40	0	18	64	6	8	4	4
<b>III</b>	Экономика и организация энергетического производства	19	9	6	-	2	10	-	-	1	-
	Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения	19	9	6	-	2	10	-	-	1	-
	Электроснабжение промышленных предприятий	24	12	6	-	4	12	-	-	-	2
	Надежность электроснабжения	24	12	8	-	2	12	-	-	-	2
	Релейная защита и автоматика	38	26	8	-	8	12	-	8	-	2
	Системы автоматизированного проектирования электроснабжения	21	11	8	-	2	10	-	-	1	-
	Электрические станции и подстанции	34	22	8	-	4	12	-	8	-	2
	<b>Всего III семестр</b>	179	101	50	0	24	78	0	16	3	8
<b>IV</b>	Итоговая аттестация:	Итоговый междисциплинарный экзамен									
	Подготовка к итоговому междисциплинарному экзамену	30	0	-	-	-	30	-	-	-	-
	Заседание итоговой аттестационной комиссии	10	10	-	-	-	-	-	-	-	10
	<b>Всего IV семестр</b>	40	10	0	0	0	30	0	0	0	10
<b>Всего:</b>		502	268	126	0	64	234	16	24	10	28

Учебный план может быть совмещен с календарным учебным графиком  
Даты обучения будут определены при наборе группы на обучение

**Приложение 2. Календарный учебный график**

Семестр	Неделя																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
I					Э																	
II													Э	Э								
III																	Э	Э	Э	Э		
IV																					И	
<b>Сводные данные:</b>																						
														Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Итого				
Теоретическое обучение														3	8	2		13				
Экзаменационные сессии														2	2	3		7				
Итоговая аттестация																	1	1				
<b>Итого</b>														<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>21</b>				

Учебный план может быть совмещен с календарным учебным графиком



**Приложение 3. Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей)**  
**Приложение 3. Рабочие программы учебных разделов, курсов, дисциплин (модулей)**

**ДИСЦИПЛИНА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ (24 ЧАСА)**

**Цель освоения дисциплины:**

- обеспечение теоретического уровня подготовки специалиста для осуществления его профессиональной деятельности, формирование системы знаний в области теории электрических цепей, а также создание основы электротехнического образования.

**Планируемые результаты обучения по дисциплине**

**Слушатель должен знать:**

- фундаментальные законы, понятия и положения теории электрических и магнитных цепей, принципы действия и возможности применения электроизмерительных приборов, а также способы и средства измерений электрических величин

**Слушатель должен уметь:**

- производить расчеты пассивных и активных цепей различными методами и определять основные характеристики процессов при стандартных воздействиях, производить измерения основных электрических величин при проведении экспериментальных исследований

**Слушатель должен владеть:**

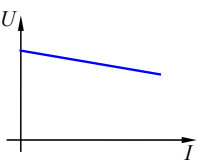
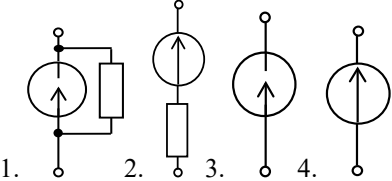
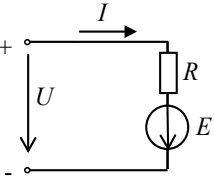
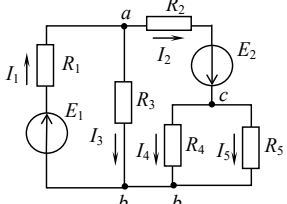
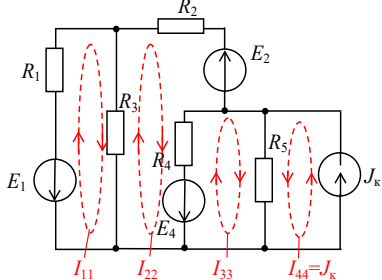
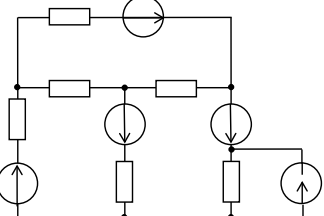
- навыками составления математических моделей для расчета электрических цепей, навыками чтения электротехнических схем

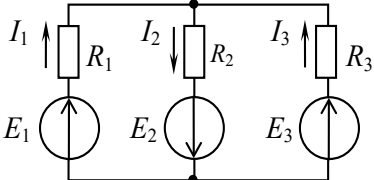
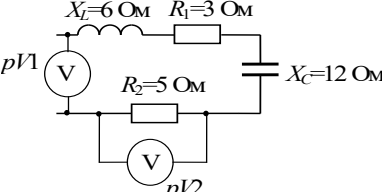
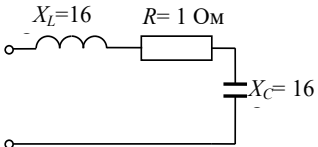
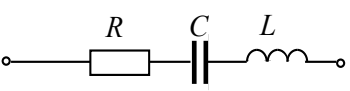
**Содержание дисциплины**

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	РГР, час
1	2	3	4	5	6
1. Основные положения теории электрических цепей. 2. Линейные электрические цепи постоянного тока. 3. Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока. 4. Трехфазные цепи. 5. Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях. 6. Переходные процессы в линейных электрических цепях. 7. Четырехполюсники. 8. Электрические фильтры. 9. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. 10. Магнитные цепи. 11. Нелинейные электрические	Раздел 1. Топологические соотношения в электрических цепях. Сопротивление, емкость, индуктивность. Законы Кирхгофа, Ома, Джоуля-Ленца. Раздел 2. Методы расчета линейных электрических цепей: Кирхгофа, наложения, контурных токов, Раздел 3. Синусоидальный ток и основные характеризующие его величины. Резонансы напряжений и токов. Раздел 4. Трехфазная система ЭДС. Вращающееся магнитное поле. Мощность в цепях несинусоидального тока. Раздел 6. Понятие о переходном режиме электрических цепей. Раздел 7. Понятие о четырехполюснике. Формы записи уравнений четырехполюсника.	Практическое занятие №1 «Расчет линейных и нелинейных электрических цепей постоянного тока» Практическое занятие №2 «Расчет линейных и нелинейных электрических цепей переменного тока» – 4 часа	Не предусмотрено	Расчет цепей с одним источником электрической энергии. Метод эквивалентных преобразований. Уравнения электрического состояния цепи с последовательно соединенными элементами. Параллельное соединение элементов. Уравнения электрического состояния, векторные диаграммы на комплексной плоскости. Коэффициент мощности. Трехфазные цепи. Измерение мощности в трехфазных цепях. Особенности разложения в ряд Фурье периодических функций, обладающих симметрией. Классический метод расчета переходных процессов. Методы определения корней характеристического сопротивления. Условия согласования четырехполюсников. Характеристические параметры четырехполюсника, их физический смысл. Пассивные и активные RC-фильтры. Нелинейный трансформатор, его схема замещения и векторная	Не предусмотрено

цепи переменного тока.	Раздел 8. Назначение и типы фильтров. Фильтр как четырехполюсник. Фильтры типа к. Раздел 9. Понятие о нелинейной цепи. Раздел 10. Понятие о магнитной цепи, ее конструкция и элементы. Раздел 11. Цепи переменного тока с нелинейными резистивными элементами. 8 часов			диаграмма. Использование стандартных пакетов схмотехнического моделирования для расчета нелинейных цепей. – 10 часов	
------------------------	--	--	--	--	--

**Оценка качества освоения дисциплины**  
Оценочные материалы:

<p><b>1</b></p> 	<p>Внешняя характеристика источника электрической энергии соответствует схеме замещения</p> 
<p><b>2</b></p> 	<p>При заданных направлениях ЭДС, напряжения и тока выражение для тока запишется в следующем виде</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>I = \frac{E+U}{R}</math></li> <li><math>I = \frac{E-U}{R}</math></li> <li><math>I = \frac{-E-U}{R}</math></li> <li><math>I = \frac{-E+U}{R}</math></li> </ol>
<p><b>3</b></p> 	<p>Для узла “а” справедливо уравнение по первому закону Кирхгофа</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>I_1 + I_2 + I_3 = 0</math></li> <li><math>I_1 - I_2 - I_3 = 0</math></li> <li><math>-I_1 + I_2 + I_3 = 0</math></li> <li><math>-I_1 + I_2 - I_3 = 0</math></li> </ol>
<p><b>4</b></p> 	<p>Для контура с током <math>I_{33}</math> уравнение по методу контурных токов имеет вид</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>-I_{22}R_4 + I_{33}(R_4 + R_5) + I_{44}R_5 = -E_4</math></li> <li><math>I_{22}R_4 + I_{33}(R_4 + R_5) + I_{44}R_5 = -E_4</math></li> <li><math>-I_{22}R_4 + I_{33}(R_4 + R_5) + I_{44}R_5 = -E_4 + J_k</math></li> <li><math>-I_{22}R_4 + I_{33}(R_4 + R_5) + I_{44}R_5 = E_4</math></li> </ol>
<p><b>5</b></p> 	<p>Количество независимых уравнений, необходимых для расчета токов в ветвях методом узловых потенциалов, составит</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>четыре</li> <li>пять</li> <li>три</li> <li>шесть</li> </ol>
<p><b>6</b></p>	<p>Уравнение баланса мощностей представлено выражением</p>

	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2</math></li> <li><math>E_1 I_1 + E_2 I_2 - E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2</math></li> <li><math>E_1 I_1 - E_2 I_2 + E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2</math></li> <li><math>-E_1 I_1 - E_2 I_2 - E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2</math></li> </ol>
<p>7</p> 	<p>Если показание вольтметра <math>pV2 \Rightarrow 10</math> В, то показание вольтметра <math>pV1</math> составит</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>20 В</li> <li>10 В</li> <li>52 В</li> <li>28 В</li> </ol>
<p>8</p> 	<p>Добротность приведенной резонансной цепи составляет</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>16</li> <li>0,0625</li> <li>17</li> <li>1</li> </ol>
<p>9</p> 	<p>Если на частоте <math>f=50</math> Гц <math>R=10</math> Ом, <math>X_L=20</math> Ом, <math>X_C=40</math> Ом, то на частоте <math>f=100</math> Гц комплексное сопротивление участка цепи равно</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>20+j10</math> Ом</li> <li><math>10+j20</math> Ом</li> <li><math>10-j20</math> Ом</li> <li><math>10-j5</math> Ом</li> </ol>

**Ключ к тесту:**

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	2	1	2	1	3	1	1	1	2	2

**Критерии оценки теста**

- Оценка «зачтено» выставляется слушателю, если он правильно отвечает на 70% и более вопросов
- Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, если он правильно отвечает менее, чем на 70% вопросов

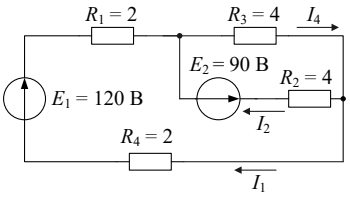
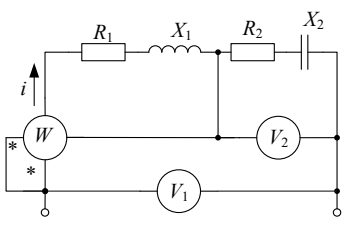
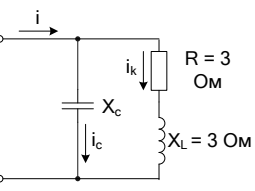
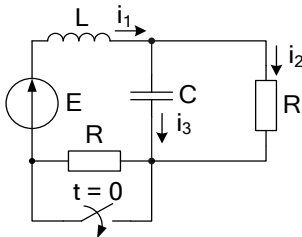
Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

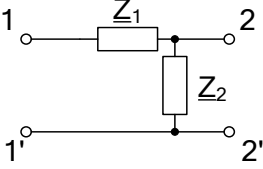
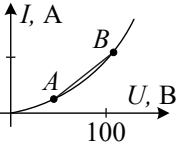
**Типовые вопросы для проведения экзамена**

- Источники и приемники в электрических цепях
- Сопротивление и проводимость
- Закон Ома
- Закон Ома для обобщенной электрической ветви
- Эквивалентные преобразования сопротивлений
- Законы Кирхгофа
- Составление уравнений по законам Кирхгофа
- Расчет цепей постоянного тока
- Закон Джоуля-Ленца
- Баланс мощности
- Мгновенное значение синусоидального тока
- Угловая частота, период, начальная фаза синусоидального тока
- Действующее значение тока
- Сдвиг фаз
- Индуктивное сопротивление
- Емкостное сопротивление
- Символический метод расчета цепей переменного тока
- Комплексы действующих значений напряжения и тока
- Комплексное сопротивление
- Векторные диаграммы
- Треугольники напряжений
- Электроизмерительные приборы
- Показания приборов
- Активная мощность

25. Реактивная мощность
26. Полная мощность
27. Измерение мощности
28. Частотные характеристики активно-реактивных ветвей
29. Резонанс напряжений
30. Резонанс токов
31. Взаимная индуктивность
32. Одноименные зажимы катушек
33. Трехфазные цепи. Элементы трехфазных цепей. Принцип действия трехфазного генератора. Способы изображения симметричной системы ЭДС
34. Способы соединения трехфазного источника питания. Фазное и линейное напряжения
35. Способы включения приемников в трехфазную цепь. Трехпроводная и четырехпроводная цепи
36. Цепи с несинусоидальными токами
37. Показания приборов в цепях несинусоидального тока
38. Понятие о переходных процессах в электрических цепях
39. Классический метод расчета переходных процессов
40. Характеристическое уравнение
41. Переходные процессы 1 порядка в цепи R-L
42. Переходные процессы 1 порядка в цепи R-C
43. Переходные процессы 2 порядка в цепи R-L-C
44. Виды переходных процессов: аperiodический, предельный аperiodический, колебательный
45. Построение графиков переходных процессов
46. Операторный метод расчета переходных процессов
47. Преобразование Лапласа
48. Операторная схема замещения
49. Расчет изображений токов и напряжений
50. Переход от изображения к оригиналу по таблицам преобразований Лапласа

Типовой экзаменационный билет № XXXX

<p>1.</p> 	<p>Определите токи в ветвях схемы и режимы работы обоих источников питания. Составьте баланс мощностей. Сопротивления заданы в (Ом).</p>
<p>2.</p> 	<p>Определите показания приборов, если:  <math>i = 2 \sin(\omega t + 200)</math> А,  <math>R_1 = 2,0</math> Ом, <math>X_1 = 10</math> Ом,  <math>R_2 = 4,0</math> Ом, <math>X_2 = 4</math> Ом.</p>
<p>3.</p> 	<p>В цепи резонанс токов. Определите ток <math>i</math>, напряжение на конденсаторе <math>U_C</math>, <math>\cos\varphi</math>, если <math>I_C = 2</math> А.</p>
<p>4.</p> 	<p>Определите токи ветвей, напряжения <math>u_C</math>, <math>u_L</math> в начальный момент времени <math>t(+0)</math> и в установившемся режиме. Запишите закон изменения тока <math>i_2(t)</math>.  <math>E = 20</math> В, <math>R = 10</math> Ом,  <math>L = 0,1</math> Гн, <math>C = 20</math> мкФ.</p>

<p>5.</p> 	<p>Определите коэффициенты системы уравнений четырехполюсника в А – форме, если:  <math>Z_1 = 10 + j10</math> Ом,  <math>Z_2 = 10 - j10</math> Ом          Проверьте выполнение уравнения связи.</p>
<p>6.</p> 	<p>Участок АВ ВАХ диода аппроксимируется прямой.          Определите статическое и динамическое сопротивление.          Постройте схему замещения.</p>

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п\п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<p><b>Теоретические основы электротехники</b> (лекции)</p>	<p>Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Доска магнитно-маркерная, настенная</li> <li>– Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт.</li> <li>– Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4;</li> <li>Жесткий диск 500: ГБ</li> <li>Оперативная память: 4ГБ (переносной)</li> <li>– Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной)</li> <li>– Экран Procolor на штативе (переносной)</li> </ul>	<p>Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.          KasperskyEndpointSecurity для бизнеса          Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.</p>
	<p><b>Теоретические основы электротехники</b> (практические занятия)</p>	<p>Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт.</li> <li>– Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт.</li> <li>– Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт.</li> <li>– Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт.</li> <li>– Компьютерные столы - 15 шт.</li> <li>– Кресла компьютерные - 15 шт.</li> <li>– Доска магнитно-маркерная, настенная</li> <li>– Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.</li> </ul>	<p>Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-269/0503-16 от 20.12.2016 г.          KasperskyEndpointSecurity для бизнеса          Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.          BorlandPascal: бесплатно-распространяемый программный продукт</p>

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

#### Основная литература

1. Ермуратский, П.В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учеб. / П.В. Ермуратский, Г.П.

Лычкина, Ю.Б. Минкин. — Электрон.дан. — Москва: ДМК Пресс, 2011. — 417 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/908>

2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: уч. для бакал.-12-е изд., испр. и доп. — М.:Юрайт, 2014. — 70 с.

3. Миловзоров О.В., Панков И.Г. Электроника: учебник для вузов.-2-е изд., перер. — М.: Высш. шк., 2005. — 288 с.

#### **Перечень методических указаний**

1. Теоретические основы электротехники. Сборник задач: уч. пос. для бакал. / Под ред. Л.А. Бессонова.-5-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2014. — 528 с.

2. Поляков А.Е., Чесноков А.В. Электротехника в примерах и задачах: уч. для вузов. — М.:ИНФРА-М, 2015. — 360 с.

3. Пиз, А.Р. Практическая электроника аналоговых устройств. Поиск неисправностей и отработка проектируемых схем [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — Москва: ДМК Пресс, 2009. — 320 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/839>

#### **Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 2. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРЕНИЙ (23 ЧАСА)

### Цель освоения дисциплины

формирование профессиональных знаний и умений в области устройства и эксплуатации современных электроизмерительных приборов.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

средства измерения параметров и характеристик сигналов и цепей

#### Слушатель должен уметь:

Проводить измерения электрических неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений параметров и характеристик сигналов и цепей.

#### Слушатель должен владеть:

методом обработки результатов измерений сигналов и цепей и оценивает их погрешность.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1 Основные характеристик и сигналов и цепей	Параметрическое представление периодических сигналов. Функциональное представление периодических сигналов. Трехфазные электрические цепи. Комплексные сопротивления. Несинусоидальность формы сигнала. Качество электрической энергии. 6 часов	Цифровая регистрация и анализ сигналов. 2 часа	Не предусмотрено	Несинусоидальность формы сигнала. Качество электрической энергии. 10 часов	Не предусмотрено

### Оценка качества освоения дисциплины

1.1. Для расширения диапазона измерения постоянного напряжения в качестве датчиков используют

1.2. Для расширения диапазона измерения постоянного тока в качестве датчиков используют:

1.3. При измерении переменного тока в диапазоне высоких и сверхвысоких частот в качестве датчиков используют:

1.4. К достоинствам термоэлектрических преобразователей можно отнести:

1.5 Реостатные преобразователи находят применение при измерении:

резистивные шунты  
**резистивные делители**  
 трансформаторы напряжения  
 трансформаторы тока  
**резистивные шунты**  
 резистивные делители  
 трансформаторы напряжения  
 резистивные датчики  
 трансформаторы тока  
**термоэлектрические преобразователи**  
 полупроводниковые диоды  
**возможность измерять переменный ток любой формы**  
**высокий класс точности**  
**широкий диапазон измеряемых токов**  
**возможность измерять токи в диапазонах высоких и сверхвысоких частот**  
 возможность измерять напряжения до единиц киловольт  
**угла поворота**  
**линейного перемещения**  
 давления  
 температуры

1.6 Датчики температуры на основе платины находят применение в диапазоне температур:	влажности – 50 ... + 180. С – <b>200 ... + 650. С</b> + 250 ... + 300. С – 100 ... + 120. С
1.7 Датчики температуры на основе никеля находят применение в диапазоне температур:	– 50 ... + 180. С – 200 ... + 650. С + <b>250 ... + 300.С</b> – 100 ... + 120.С
1.8 Датчики температуры на основе меди находят применение в диапазоне температур:	– <b>50 ... + 180. С</b> – 200 ... + 650.С + 250 ... + 300.С – 100 ... + 120.С
1.9 Датчики температуры на основе термисторов находят применение в диапазоне температур:	– 50 ... + 180.С – 200 ... + 650.С + 250 ... + 300.С – <b>100 ... + 120.С</b>
1.10 К достоинствам термисторов относятся:	большой температурный диапазон <b>высокий температурный коэффициент сопротивления</b> линейная зависимость сопротивления от температуры <b>высокая чувствительность</b> <b>малая инерционность</b>

### Методические материалы для проведения практических занятий:

#### «Цифровая регистрация и анализ сигналов»

Вопросы для обсуждения на семинаре:

- 1) Определение спектра сигнала.
- 2) Методы расчета спектра периодического сигнала.
- 3) Методы расчета спектра непериодического сигнала.
- 4) Определение среднего, среднеквадратического, средневыпрямленного значений, коэффициентов амплитуды и формы сигнала.
- 5) Основные функции Mathcad для записи/считывания файлов данных и анализа спектра.
- 6) Как определить ближайшее меньшее число кратное  $2V$ , где  $V$  – целое число.
- 7) Как задать в Mathcad прямоугольный импульс (треугольный симметричный).
- 8) Какие функции используются в Mathcad для записи/считывания текстовых файлов данных.
- 9) Как определить количество отсчетов в текстовом файле данных.
- 10) Какие функции Mathcad используются для вычисления БПФ, обратного БПФ.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

#### а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Основы электроизмерений</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Основы электроизмерений</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г.	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9)	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice):



	Кумертау, ул. М.Горького, 22а	Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
--	----------------------------------	--	---

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

1. Вознесенский, А. С, Шкуратник, В. Л. Электроника и измерительная техника [Электронный ресурс] : учебник / А. С. Вознесенский – М.: Горная книга, 2008. – 461с

**Дополнительная литература**

1. Информационно-измерительная техника и электроника [Текст] : учебник для студентов вузов / под ред.Г. Г. Раннева – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 512с. ISBN 978-5-7695-4535-1.

2. Прянишников, В. А. Электроника [Текст] : полный курс лекций / В. А. Прянишников.- 5-е изд. - СПб. : Корона Принт, 2006. - 416 с. - ISBN 5-7931-0018-0.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

### ДИСЦИПЛИНА 3. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ (21 ЧАС)

#### Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение влияния электрического тока на организм человека, способов и средств защиты от него.

#### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

##### Слушатель должен знать:

- основные положения правовых и нормативно-технических документов по электробезопасности;
- правила выполнения работ в электроустановках в соответствии с требованиями нормативных документов по электробезопасности, охране труда и пожарной безопасности;
- правила использования средств защиты и приспособлений при техническом обслуживании электроустановок;
- порядок оказания первой медицинской помощи пострадавшим от действия электрического тока.

##### Слушатель должен уметь:

- применять в своей деятельности основные положения правовых и нормативно-технических документов по электробезопасности;
- грамотно эксплуатировать электроустановки;
- выполнять работы в электроустановках в соответствии с инструкциями правилами по электробезопасности, общей охраны труда и пожарной безопасности;
- правильно использовать средства защиты и приспособления при техническом обслуживании электроустановок;
- соблюдать порядок содержания средств защиты;
- осуществлять оказание первой медицинской помощи пострадавшим от действия электрического тока.

##### Слушатель должен владеть:

- навыками использования средств защиты и приспособлений при техническом обслуживании электроустановок;
- навыками оказания первой помощи;
- методами защиты от поражения электрическим током

#### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	СРС, час
1	2	3	4
Действие электрического тока на организм человека, виды электротравм	Электрический ток. Основные характеристики электрического тока. Причины электротравматизма; наиболее опасные направления прохождения тока по телу человека; влияние среды производственных помещений на электротравматизм. Характер воздействия электрического тока на организм человека. Степень опасности. Основные факторы, определяющие исход поражения электрическим током. Виды поражения электрическим током. Термическое, электролитическое, механическое, биологическое действия тока на человека.		4
Признаки опасных повреждений и состояний	Общие положения. Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь. Мероприятия по оценке обстановке и обеспечению безопасных условий для оказания первой помощи. Определение наличия сознания у пострадавшего. Контроль состояния пострадавшего. Способы оживления организма при клинической смерти. Искусственное дыхание. Наружный массаж сердца.	Решение задач – 2 часа	4
Требования безопасности при организации эксплуатации электроустановок административных, бытовых и общественных зданий	Обучение персонала правилам техники электробезопасности; организация рабочего места; конструктивные особенности электротехнических изделий. Классификация помещений (условий работ) и электроустановок по опасности поражения электрическим током.	Решение задач – 2 часа	2

#### Оценка качества освоения дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

*Оценочные материалы:*

**Вопросы к тесту по дисциплине:**

**1. Какие электроустановки называются закрытыми или внутренними?**

- 1) Электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий, а также электроустановки, защищенные навесами, сетчатыми ограждениями и т.п.
- 2) Электроустановки, размещенные внутри зданий, защищающих их от атмосферных воздействий, за исключением электроустановок, защищенных навесами, сетчатыми ограждениями и т.п.
- 3) Электроустановки, защищенные от атмосферных воздействий навесами, сетчатыми ограждениями и т.п.
- 4) Любые электроустановки на внутренней территории предприятия, защищенные и не защищенные от атмосферных воздействий

**2. Кто осуществляет государственный надзор за соблюдением требований правил и норм электробезопасности в электроустановках?**

- 1) МЧС России
- 2) Ростехнадзор
- 3) Главгосэнергонадзор
- 4) Роспотребнадзор

**3. Что входит в понятие "Наряд-допуск"?**

- 1) Задание на производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работы
- 2) Задание на производство работы, определяющее только содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения
- 3) Задание на производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания и работников, ответственных за безопасное выполнение работы
- 4) Задание на производство работы, определяющее только содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения и состав бригады

**4. Какие работники допускаются к выполнению электросварочных работ?**

- 1) Работники, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний, имеющие соответствующие удостоверения и группу по электробезопасности не ниже II
- 2) Работники, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний, имеющие соответствующие удостоверения и группу по электробезопасности не ниже III
- 3) Работники, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний, имеющие соответствующие удостоверения и группу по электробезопасности III или IV
- 4) Работники, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний безопасности выполнения работ

**5. В каком случае элемент заземлителя должен быть заменен?**

- 1) Если разрушено более 90 % его сечения
- 2) Если разрушено более 80 % его сечения
- 3) Если разрушено более 70 % его сечения
- 4) Если разрушено более 60 % его сечения
- 5) Если разрушено более 50 % его сечения

**6. Какой электрический ток опаснее для человека: постоянный или переменный?**

- 1) Постоянный ток
- 2) Переменный ток
- 3) До 380 В опаснее переменный, а свыше 500 В постоянный ток опаснее переменного

**7. Какой персонал относится к оперативному?**

- 1) Персонал, осуществляющий оперативное управление и обслуживание электроустановок (осмотр, оперативные переключения, подготовку рабочего места, допуск и надзор за работающими, выполнение работ в порядке текущей эксплуатации)
- 2) Ремонтный персонал, специально обученный и подготовленный для оперативного обслуживания в утвержденном объеме закрепленных за ним электроустановок
- 3) Персонал, обеспечивающий техническое обслуживание и ремонт, монтаж, наладку и испытание электрооборудования
- 4) Персонал, на которого возложены обязанности по организации технического и оперативного обслуживания, проведения ремонтных, монтажных и наладочных работ в электроустановках

**8. Кто из указанных лиц проводит целевой инструктаж перед выполнением работ в порядке текущей эксплуатации?**

- 1) Ответственный руководитель работ
- 2) Производитель работ
- 3) Проведение инструктажа не требуется
- 4) Допускающий

**9. Сколько работников, имеющих II группу по электробезопасности, допускается включать в бригаду?**

- 1) По одному на каждого работника, имеющего III группу по электробезопасности
- 2) Общее число членов бригады, имеющих II группу, не должно превышать трех человек
- 3) Численность работников определяется производителем работ
- 4) Численность работников определяется исходя из условий выполнения работ

**10. Когда проводится проверка и осмотр устройств молниезащиты для обеспечения постоянной надежности?**

- 1) Один раз в год по графику
- 2) Один раз в год перед началом грозового сезона
- 3) Один раз в три месяца
- 4) Один раз в три года

### **Методические материалы для проведения практического занятия:**

Задача 1 Произвести оценку опасности электропоражения человека, оказавшегося в ситуации, указанной на рисунке.  $R_1 - R_2 = R = 200 \text{ кОм}$ ;  $r_{зм} = 100 \text{ Ом}$ ;  $U_c = 220 \text{ В}$  Человек стоит на влажном песчаном грунте в обуви с кожаной подошвой

Задача 2 Оценить опасность поражения током в ситуации, указанной на рисунке.  $U_c = 127 \text{ В}$ . Человек стоит на бетонном мокром полу в резиновой обуви

Задача 3 Оценить опасность поражения электрическим током человека, стоящего на бетонном полу в кожаной обуви, при однофазном прикосновении к незаземленному корпусу установки в аварийном ее состоянии (полное замыкание фазы на корпус), питающейся от трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью и находящейся в нормальном режиме работы

Задача 4 Рассчитать ток, проходящий через человека, стоящего на мокром полу в обуви с кожмитовой подошвой и касающегося заземленного корпуса установки, находящейся в аварийном режиме. Установка питается трехфазным напряжением от сети с изолированной нейтралью. Сделать вывод относительно опасности такого прикосновения.  $U_c = 380/220 \text{ В}$

Задача 5 Установить предельно допустимые напряжения прикосновения и ток, проходящий через человека, для персонала, эксплуатирующего оборудование в помещении с повышенной опасностью поражения электрическим током.  $U_c = 60 \text{ В}$

Задача 6 Установить, опасно ли прикосновение человека к корпусу установки в ситуации, указанной на рисунке.  $U_c = 60 \text{ В}$ ;  $R_1 = R_2 = R$ . Оборудование передвижное. Человек работает в резиновой обуви на влажном торфяном грунте

Задача 7 Рассчитать ток, протекающий через человека при заданных значениях сопротивления изоляции сети относительно земли ( $R, C$ ) и напряжения  $U_c$  в случае прикосновения его к одной из фаз трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью.  $U_c = 220/127 \text{ В}$ ;  $R_1 = R_2 = R_3 = R = 50 \text{ кОм}$ ;  $C_1 = C_2 - C_3 = C - 0,2$

### **Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:**

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Электробезопасность (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	Электробезопасность (практические занятия, лабораторные работы)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – Genius NetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература

1. Менумеров, Р. М. Электробезопасность : учебное пособие для вузов / Р. М. Менумеров. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-8795-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180870>

2. Безопасность жизнедеятельности : учебник / А. А. Солдатов, Н. П. Кириллов, М. Ю. Мартынова [и др.]. — Москва : РГСУ, 2019. — 555 с. — ISBN 978-5-7139-1383-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158502>

3. Широков, Ю. А. Охрана труда : учебник для спо / Ю. А. Широков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-7911-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167190>

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ (22 ЧАСА)

**Цель** освоения дисциплины: формирование у обучающихся профессиональных знаний об устройстве, принципе действия и выходных характеристиках электрических машин.

**Задачи:**

- ознакомить с основными видами электрических машин и их характеристиками;
- познакомить с основами теории электромеханического преобразования энергии;
- научить самостоятельно разбираться в принципе действия и конструкции, модификации или специального исполнения электрической машины;
- научить собирать цепи подключения и управления электрических машин.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
Трансформаторы Асинхронные машины Синхронные машины Машины постоянного тока	Устройство, назначение и типы трансформаторов. Принцип действия трансформатора. Режим холостого хода трансформатора. Уравнения напряжения обмоток трансформатора. Режим нагрузки трансформатора. 4 часа	Расчет основных параметров трехфазного синхронного генератора Расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя	Не предусмотрено	Назначение и области применения асинхронных машин. Механические характеристики асинхронного двигателя Назначение и области применения синхронных машин Внешние и регулировочные характеристики. Активная мощность и электромагнитный момент. Статическая устойчивость СГ. Синхронный компенсатор. Устройство и принцип действия машины постоянного тока Режим генератора. Режим двигателя. Компенсационная и стабилизирующая обмотки. Генератор с независимым возбуждением: схема включения и выходные характеристики: холостого хода, внешняя, нагрузочная, регулировочная. Генератор с параллельным возбуждением: схема включения и выходные характеристики: холостого хода, внешняя, нагрузочная, регулировочная. 12 часов	Не предусмотрено

### Оценка качества освоения дисциплины

1. 1 Почему воздушные зазоры в трансформаторе делают минимальными?
  - 1) Для увеличения механической прочности сердечника.
  - 2) Для уменьшения намагничивающей составляющей тока холостого хода.

- 3) Для уменьшения магнитного шума трансформатора.
- 4) Для увеличения массы сердечника.
- 1.2 Почему сердечник трансформатора выполняют из электротехнической стали?
- 1) Для уменьшения тока холостого хода.
- 2) Для уменьшения намагничивающей составляющей тока холостого хода.
- 3) Для уменьшения активной составляющей тока холостого хода. 4) Для улучшения коррозионной стойкости.
- 1.3 Почему пластины сердечника трансформатора стягивают шпильками?
- 1) Для увеличения механической прочности.
- 2) Для крепления трансформатора к объекту.
- 3) Для уменьшения влаги внутри сердечника.
- 4) Для уменьшения магнитного шума.
- 1.4. Почему сердечник трансформатора выполняют из электрически изолированных друг от друга пластин электротехнической стали?
- 1) Для уменьшения массы сердечника.
- 2) Для увеличения электрической прочности сердечника.
- 3) Для уменьшения вихревых токов.
- 4) Для упрощения конструкции трансформатора.
- 1.5 Как обозначаются начала первичной обмотки трехфазного трансформатора?
- 1)  $a, b, c$       2)  $x, y, z$       3)  $A, B, C$       4)  $X, Y, Z$
- 1.6 Как соединены первичная и вторичная обмотки трехфазного трансформатора, если трансформатор имеет 11 группу (Y – звезда,  $\Delta$  – треугольник)?
- 1) Y/ $\Delta$       2)  $\Delta$ /Y      3) Y/Y      4)  $\Delta$ / $\Delta$
- 1.7 Как отличаются по массе магнитопровод и обмотка обычного трансформатора от автотрансформатора, если коэффициенты трансформации одинаковы  $K=1,95$ ? Мощность и номинальные напряжения аппаратов одинаковы.
- 1) Не отличаются.
- 2) **Массы магнитопровода и обмотки автотрансформатора меньше масс магнитопровода и обмоток обычного трансформатора соответственно.**
- 3) Масса магнитопровода автотрансформатора меньше массы магнитопровода обычного трансформатора, а массы обмоток равны.
- 4) Массы магнитопровода и обмоток обычного трансформатора меньше, чем у соответствующих величин автотрансформатора.
- 1.8 На каком законе электротехники основан принцип действия трансформатора?
- 1) На законе электромагнитных сил.
- 2) На законе Ома.
- 3) **На законе электромагнитной индукции.**
- 4) На первом законе Кирхгофа.
- 1.9 Что произойдет с трансформатором, если его включить в сеть постоянного напряжения той же величины?
- 1) Ничего не произойдет.
- 2) **Может сгореть.**
- 3) Уменьшится основной магнитный поток.
- 4) Уменьшится магнитный поток рассеяния первичной обмотки.
- 1.10 Что преобразует силовой трансформатор?
- 1) Величину тока.
- 2) **Величину напряжения.**
- 3) Частоту.
- 4) Величины тока и напряжения.

**Методические материалы для проведения практических занятий:**

### **Практическое занятие №1**

#### **Расчет основных параметров трехфазного синхронного генератора**

Цель: Пробрести навыки расчета основных параметров трехфазных синхронных генераторов переменного тока.

Характерным признаком синхронных машин является жесткая связь между частотой вращения ротора  $n_1$  и частотой переменного тока в обмотке статора  $f_1$ :

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

Другими словами, вращающееся магнитное поле статора и ротор синхронной машины вращаются *синхронно*, т. е. с одинаковой частотой.

По своей конструкции синхронные машины разделяются на явнополюсные и неявнополюсные. В явнополюсных синхронных машинах ротор имеет явно выраженные полюса, на которых располагают катушки обмотки возбуждения, питаемые постоянным током. Характерным признаком таких машин является различие магнитного сопротивления по продольной оси (по оси полюсов) и по поперечной оси (по оси, проходящей в межполюсном пространстве). Магнитное сопротивление потоку статора по продольной оси  $dd$  намного меньше магнитного сопротивления потоку статора по поперечной оси  $qq$ . В неявнополюсных синхронных машинах магнитные сопротивления по продольной и поперечной осям одинаковы, поскольку воздушный зазор у этих машин по периметру статора одинаков.

Конструкция статора синхронной машины в принципе не отличается от статора асинхронной машины. В обмотке статора в процессе работы машины индуцируются ЭДС и протекают токи, которые создают магнитодвижущую силу (МДС), максимальное значение которой

$$F_1 = \frac{0.45m_1 I_1 w_1 k_{об1}}{p}$$

Эта МДС создает вращающееся магнитное поле, а в воздушном зазоре  $\delta$  машины создается магнитная индукция, график распределения которой в пределах каждого полюсного деления  $\tau$  зависит от конструкции ротора.

Энергетические характеристики в синхронной машине зависят от режима ее работы. Если машина работает в режиме генератора, то подводимая к генератору механическая мощность определяется вращающим моментом приводного двигателя  $M_1$  и частотой вращения  $n_1$

$$P_1 = 0,105M_1 n_1$$

Часть этой мощности расходуется на покрытие механических  $P_{мех}$ , магнитных  $P_m$  и добавочных  $P_d$  потерь. Если возбуждение генератора происходит от возбудителя, приводимого во вращение от общего приводного двигателя, то к перечисленным потерям добавляются еще и потери на возбуждение

$$P_в = \frac{U_в I_в}{\eta_в}$$

где  $U_в$  и  $I_в$  - напряжение и ток в цепи возбуждения;  
 $\eta_в$  - КПД возбудителя.

Оставшаяся после вычитания перечисленных потерь мощность, представляет собой электромагнитную мощность генератора  $P_{эм}$ , которая передается на статор генератора электромагнитным путем. Полезная мощность на выходе генератора  $P_2$  меньше электромагнитной мощности на величину электрических потерь в обмотке статора

$$P_{э1} = m_1 I_1^2 r_1$$

Суммарные потери синхронного генератора

$$\Sigma P = P_{мех} + P_m + P_в + P_{доб} + P_{э1}$$

Полезная мощность генератора

$$P_2 = S_2 \cos \varphi_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

где  $S_2 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$  - полная мощность на выходе генератора, ВА;  
 $\cos \varphi_1$  - коэффициент мощности в цепи нагрузки генератора.

Если синхронная машина работает в режиме двигателя, то виды потерь остаются прежними, но электрическая мощность на входе двигателя

$$P_1 = S_1 \cos \varphi_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

а мощность на выходе двигателя является механической



$$P_2 = 0,105M_2 n_1$$

Коэффициент полезного действия синхронной машины

$$\eta = P_2/P_1$$

Ход работы

Задание содержит задачу на расчет трехфазного синхронного генератора. Для каждого варианта необходимо выполнить следующее:

- 1) Произвести расчеты для задачи. Расчеты сопровождайте пояснениями.
- 2) Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 3) Оформить отчет по практической работе.

#### Задача

Параметры трехфазного синхронного генератора: номинальное (линейное) напряжение на выходе  $U_{1ном}$  при частоте тока 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой», номинальный ток статора  $I_{1ном}$ , КПД генератора при номинальной нагрузке  $\eta_{ном}$ , число полюсов  $2p$ , мощность на входе генератора  $P_{1ном}$ , полезная мощность на выходе генератора  $P_{2ном}$ , суммарные потери в режиме номинальной нагрузки  $\Sigma P_{ном}$ , полная номинальная мощность на выходе  $S_{2ном}$ , коэффициент мощности нагрузки, подключенной к генератору,  $\cos\varphi_{1ном}$ , вращающий момент первичного двигателя при номинальной загрузке генератора  $M_{1ном}$ . Требуется определить параметры, значения которых в таблице не указаны.

Таблица – Параметры трехфазного синхронного генератора

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{ном}$ , кВа	330	-	270	470	-	600	780	450	700	500
$U_{1ном}$ , В	6,3	3,2	0,4	-	0,7	3,2	6,3	0,4	-	3,2
$\eta_{ном}$ , %	92	-	-	91	90	93	-	-	93	92
$2p$	6	8	-	6	10	12	6	-	6	10
$P_{2ном}$ , кВт	-	-	206	-	-	-	667,4	369,5	-	-
$\Sigma P_{ном}$ , кВт	-	27	18	-	-	-	-	-	-	-
$\cos\varphi_{1ном}$	0,9	-	0,85	0,9	-	0,92	-	0,9	0,92	0,85
$I_{1ном}$ , А	-	72,2	-	43,1	190	-	-	-	64,2	-
$P_{1ном}$ , кВт	-	340	-	-	190	-	717,6	-	-	-
$M_{1ном}$ , Нм	-	-	-	-	-	-	-	7735	-	-

#### Практическое занятие №2

#### Расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя

Цель: Научиться производить расчет основных параметров трехфазного синхронного двигателя.

#### Теоретическое обоснование

Устройство статора синхронного двигателя аналогично устройству статора асинхронного двигателя. Ротор синхронного двигателя представляет собой электромагнит или постоянный магнит (рисунок 6.1, а).

Принцип работы синхронного двигателя поясняется рисунок 6.1, б. Внутри магнита  $N_1S_1$  помещен магнит  $NS$ . Если магнит  $N_1S_1$  вращать, то он потянет за собой магнит  $NS$ . В стационарном режиме частоты вращения обоих магнитов одинаковы.

К валу магнита  $NS$  можно приложить механическую нагрузку. Чем больше эта нагрузка, тем больше угол отставания оси магнита  $NS$  от оси магнита  $N_1S_1$ . При некоторой нагрузке силы притяжения между магнитами будут преодолены и ротор остановится.

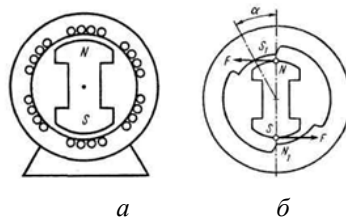


Рисунок 6.1 – Схематическое изображение и принцип работы синхронного двигателя

В реальном двигателе поле магнита  $N_1S_1$  заменено вращающимся магнитным полем статора; при этом ротор либо вращается синхронно с магнитным полем статора, отставая на угол  $\alpha$ , либо останавливается (выпадает из синхронизма) при перегрузке. Таким образом, независимо от нагрузки ротор всегда вращается с постоянной частотой, равной частоте вращения магнитного поля статора:

$$n_2 = n_1 = 60f/p \quad (6.1)$$

Постоянство частоты вращения - важное достоинство синхронного двигателя. Недостаток синхронного двигателя - трудность пуска: для пуска нужно раскрутить ротор в сторону вращения поля статора. Для этого чаще всего применяют специальную короткозамкнутую обмотку, встроенную в ротор. В момент пуска двигатель работает как асинхронный. Когда частота вращения ротора приближается к частоте вращения поля статора, ротор входит в синхронизм и двигатель работает как синхронный. Короткозамкнутая обмотка при этом оказывается обесточенной, так как частота вращения ротора равна частоте вращения поля статора и стержни обмотки ротора не пересекаются магнитными силовыми линиями.

#### Задача

Трехфазный синхронный двигатель серии СДН2 имеет данные каталога: номинальная мощность  $P_{ном}$ , число полюсов  $2p$ , КПД  $\eta_{ном}$ ; кратности - пускового тока  $I_{п}/I_{ном}$ , пускового момента  $M_{п}/M_{ном}$ , максимального синхронного момента  $M_{max}/M_{ном}$ , асинхронного момента при скольжении  $s = 5\%$  (момент входа в синхронизм)  $M_{5\%}/M_{ном}$ ; соединение обмоток статора «звездой». Значения перечисленных величин приведены в таблице 6.1.

Определить: частоту вращения, номинальный и пусковой токи: цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при  $s = 5\%$ ). Напряжение питающей сети  $U_c = 10$  кВ при частоте 50 Гц, коэффициент мощности  $\cos\varphi_1 = 0,8$ .

Таблица 6.1 – Исходные данные к задаче 1

Вариант	Тип двигателя	$P_{ном}$ кВт	$2p$	$\eta_{ном}$ %	$M_{max}/M_{ном}$	$M_{5\%}/M_{ном}$	$M_{п}/M_{ном}$	$I_{п}/I_{ном}$
1	16-36-12	500	12	93,7	1,9	1,3	1,0	5,2
2	16-44-12	630	12	94,2	1,9	1,3	1,0	5,1
3	17-31-12	800	12	94,3	1,9	1,1	1,0	4,7
4	17-39-12	1000	12	94,9	1,8	1,0	1,0	4,5
5	17-49-12	1250	12	95,3	1,9	1,2	1,1	5,2
6	18-64-12	2500	12	96,2	1,8	1,4	1,2	6,5
7	16-36-10	630	10	94,4	1,8	1,4	0,75	5,0
8	16-44-10	800	10	94,9	1,8	1,3	0,75	5,0
9	17-44-10	1250	10	95,5	1,9	1,2	1,1	5,4
10	17-51-10	1600	10	95,9	1,8	1,2	1,0	5,2

#### Вопросы к экзамену

1. Конструкция и принцип действия синхронных машин.
2. Холостой ход синхронных генераторов.
3. Магнитные поля и основные параметры.
4. Характеристики синхронных машин.
5. Диаграмма Потье СМ.
6. Включение синхронного генератора на параллельную работу
7. Методы синхронизация.
8. Синхронные режимы параллельной работы синхронных машин.
9. Угловые и U-образные характеристики синхронного двигателя.
10. Синхронный компенсатор и синхронные машины специального исполнения.
11. Области применения синхронных компенсаторов Переходной процесс при включении трансформатора в сеть
12. Конструктивные особенности синхронных компенсаторов
13. Синхронные машины специального исполнения.
14. Классификация электрических машин.
15. Устройство и принцип действия машин постоянного тока
16. Режим генератора машины постоянного тока
17. Потери мощности в машине постоянного тока
18. Реакция якоря в машине постоянного тока
19. Классификация машин постоянного тока по способу возбуждения
20. Генераторы постоянного тока. Основные уравнения
21. Характеристики генераторов постоянного тока.
22. Особенности генератора параллельного возбуждения
23. Электромашинные усилители. Общие сведения.
24. Электромашинные усилители поперечного поля.
25. Тахогенераторы постоянного тока. Общие сведения.
26. Двигатели постоянного тока. Основные уравнения.
27. Коллекторные двигатели.
28. Исполнительные двигатели постоянного тока. Общие сведения.
29. Асинхронный двигатель. Устройство, конструкция и принцип действия асинхронного двигателя.

30. Классификация обмоток асинхронного двигателя. Способы выполнения обмоток асинхронного двигателя

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п\п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Электрические машины</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Электрические машины</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 Ггц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

- Поляков, А.Е. Электрические машины, элетропривод и системы интеллектуального управления элетротех. комплексами / А.Е.Поляков, А.В.Чесноков, Е.М.Филимонова - М.: Форум, ИНФРА-М, 2014. - 224 с. - (ВО: Бакалавриат).
- Встовский, А. Л. Электрические машины [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. Л. Встовский. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-7638-2518-3.
- Муравьев, В. М. Электрические машины [Электронный ресурс]: сборник тестовых задач / В. М. Муравьев, М. С. Сандлер. - М. : МГАВТ, 2010. - 40 с.
- Копылов, И. П. Электрические машины [Текст]: учебник для вузов / И. П. Копылов.- 5-е изд., стер. - Москва: Высшая школа, 2006. - 607 с. - ISBN 5-06-003841-6.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 5. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ (27 ЧАСОВ)

### Цель освоения дисциплины

формирование у обучающихся технических знаний и умений в области общей энергетики.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

Закономерности производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок

#### Слушатель должен уметь:

Анализировать социально значимые проблемы производства электроэнергии на традиционных типах энергетических установок.

#### Слушатель должен владеть:

Методикой выбора и расчета параметров термодинамических процессов энергетических установок.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
Основные характеристики сигналов и цепей	Классификация первичных энергетических источников. Местные топливно-энергетические ресурсы. Органическое топливо. АСКУЭ на предприятиях. Производство энергии традиционными методами. Производство теплоты. Производство электрической энергии. Автономное энергоснабжение. Потребление энергии и эффективность энергоустановок. Производство энергии на основе возобновляемых источников. Потенциал возобновляемых источников энергии. Биомасса. Гидроэнергетика. Ветроэнергетика. Гелиоэнергетика. Повышение эффективности возобновляемых источников энергии. Экологические аспекты. 6 часов	Энергетическая система России. 4 часа	Не предусмотрено	Повышение эффективности использования энергетических ресурсов. Вторичные энергетические ресурсы. Классификация энергетических отходов. Трансформаторы тепла. Эффективное использование электроэнергии в различных сферах. Энергосбережение в зданиях и сооружениях. Учет и регулирование потребления энергии. Проектный подход в энергетическом менеджменте. Планирование капиталовложений на развитие энергетических источников. Типы инвестиционных проектов. Оценка и анализ рисков инвестиционных проектов. Организация и методы стимулирования энергосбережения. Правовые механизмы регулирования потребления энергоресурсов. Экономическое стимулирование энергосбережения. 10 часов	Не предусмотрено

## Оценка качества освоения дисциплины

- 1.1. Температура кристаллического тела при плавлении не изменяется, внутренняя энергия вещества при плавлении
- 1.2. Внутренняя энергия идеального газа при его охлаждении:
- 1.3. Температура кипения воды зависит от:
- 1.4 Тепловая машина с КПД 40 % получает за цикл от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?
- 1.5 Сумма кинетической и потенциальной энергии атомов и молекул тела, а также вращательного и колебательного движения молекул, потенциальная энергия взаимодействия внутримолекулярной, атомной, ядерной называется:
- 1.6 При постоянном давлении газ совершил работу, как изменился его объем?
- 1.7 Теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение работы газа против внешних сил – это:
- 1.8 Газ адиабатно сжимается, как при этом изменяется его температура?
- 1.9 Максимальная доля тепла, которая может быть теоретически превращена, при заданных условиях в работу, в периодически действующих машинах достигается:
- 1.10 Энтропия – это «мера беспорядка», возрастает в зависимости от изменения агрегатного состояния вещества:
- е) **не изменяется;**  
 ф) увеличивается;  
 г) уменьшается;  
 h) может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от кристаллической структуры тела.
- е) увеличивается;  
**ф) уменьшается;**  
 г) увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения объема;  
 h) не изменяется.
- а) мощности нагревателя;  
 б) вещества сосуда, в котором нагревается вода;  
**с) атмосферного давления;**  
 d) начальной температуры воды.
- а) 40 Дж  
**б) 60 Дж**  
 с) 100 Дж  
 d) 160 Дж
- а) внутренняя энергия;**  
 б) энтальпия;  
 с) энтропия;  
 d) свободная энергия.
- а) уменьшился;  
**б) увеличился;**  
 с) остался постоянным;  
 d) сначала уменьшился, потом увеличился.
- а) первое начало термодинамики;**  
 б) второе начало термодинамика;  
 с) третье начало термодинамики;  
 d) закон Авогадро.
- е) увеличивается;  
**ф) уменьшается;**  
 г) увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения объема;  
 h) не изменяется.
- е) в цикле Карно;**  
 ф) в цикле Ренкина;  
 г) в политропном процессе;  
 h) при изменении энтропии системы
- ф) газ – жидкость – твердое тело;**  
 г) жидкость - газ - твердое тело;  
 h) твердое тело - газ – жидкость;  
 i) твердое тело – жидкость – газ

### Методические материалы для проведения практических занятий: «Энергетическая система России»

Вопросы для обсуждения:

- 11) Научно-технические, экономические и экологические аспекты и проблемы электроэнергетики.
- 12) Энергетические системы. Преимущества объединения энергосистем. Особенности ЕЭС.
- 13) Принципы передачи электроэнергии на большие расстояния. Требования к электрическим сетям. Категории электроприемников.
- 14) Основные требования к системам электроснабжения.
- 15) Энергетическая система России. Структура ОАО «СО ЕЭС». Роль и место России на энергетическом рынке.
- 16) Башкирское РДУ. Структура организации. Состав электростанций. Перспектива развития.
- 17) Мероприятия по энергосбережению в быту. Энергетический паспорт квартиры.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик	Наименование специальных* помещений и помещений для	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты

	<b>в соответствии с учебным планом</b>	<b>самостоятельной работы</b>	<b>подтверждающего документа</b>	
	<b>Основы электроэнергетики</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Основы электроэнергетики</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

1. Современные проблемы электроэнергетики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Я.Ушаков. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2014. - 447 с.: ISBN 978-5-4387-0521-5.

**Дополнительная литература**

1. Онищенко, Г. Б. Развитие энергетики России. Направления инновационнотехнологического развития [Электронный ресурс] / Г. Б. Онищенко, Г. Б. Лазарев. - М.: Россельхозакадемия, 2008. - 200 с. - ISBN 978 -5-85941-174-0.
2. Трухний, А. Д., Поваров, О. А., Изюмов, М. А. и др. Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс] : учебник для вузов А. Д. Трухний, О. А. Поваров, М. А. Изюмов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 472 с.
3. Родионов, В. Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности [Электронный ресурс] / В. Г. Родионов. – М.: ЭНАС, 2010. – 344с.
4. Розанов, Ю. К., Старшинов, В. А., Серебрянников, С. В. и др. Основы современной энергетики. Том 2. Современная электроэнергетика [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Ю. К. Розанов, В. А. Старшинов, С. В. Серебрянников. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 632с.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ (22 ЧАСА)

**Цель** освоения дисциплины: формирование у обучающихся профессиональных знаний и умений в области устройства и принципов действия электротехнического оборудования

**Задачи:**

- познакомить с различными типами конструкции электрических аппаратов, условиями выбора их и эксплуатации;
- познакомить с методами производства анализа и синтеза отдельных узлов и устройств электрических и электронных аппаратов в соответствии с техническим заданием с учетом эксплуатационных требований;
- научить методам эффективного использования электрических и электронных аппаратов, с учетом условий эксплуатации машин;
- научить анализу факторов, влияющих на работоспособность составных частей и всего электрического и электронного аппаратов аппарата.

**Содержание дисциплины**

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
Классификация и основные характеристики и электрических аппаратов. Электродинамические силы в электрических аппаратах Нагрев электрических аппаратов Контакты электрических аппаратов Электрическая дуга Электромагнитные механизмы Электрические аппараты управления и реле Автоматическое выключатели и предохранители и бесконтактные и гибридные электрические аппараты. Электрические аппараты высоковольтных распределительных устройств	Значение электрических аппаратов для распределения электроэнергии, для защиты электроцепей при аварийных ситуациях, для управления современным электроприводом и автоматизированными объектами. Активные потери энергии в токоведущих, ферромагнитных и изоляционных частях электрических аппаратов. Основные понятия и термины, относящиеся к контактному соединениям. Параметры и характеристики контактных соединений. Виды электрического разряда в газах, их особенности и характеристики. Электрический дуговой разряд, возникающий при размыкании контактов электрического аппарата. 6 часов	Контакты постоянного и переменного тока Магнитные пускатели. 4 часа	Не предусмотрено	Классификация электромагнитных механизмов электрических аппаратов. Магнитные цепи электрических аппаратов постоянного и переменного токов. Электрические аппараты управления наиболее широко применяемые и многочисленный вид аппаратов. Классификация реле. Общие для реле всех видов параметры и характеристики. Аварийные режимы работы электроустановок. Основные термины и определения. Параметры, характеризующие аварийные режимы. Защита электроустановок от аварийных режимов работы. 10 часов	Не предусмотрено

## Оценка качества освоения дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Оценочные материалы:

Вопросы к тесту по дисциплине:

### Вопрос 1

1. Электрический аппарат

Варианты ответов

- это электротехническое устройство, которое используется для включения и отключения электрических цепей, контроля, измерения, защиты, управления регулирования установок предназначенных для передачи, преобразования, распределения и потребления электроэнергии
- это электротехническое устройство, которое используется для включения и отключения электрических цепей.
- это электрическая машина которая служит для преобразования электрической энергии в механическую.

### Вопрос 2

2. признаки классификаций электрических аппаратов

Варианты ответов

- цена
- назначение
- внешний вид
- область применения
- принцип действия
- род тока
- исполнение защиты от воздействия окружающей среды

### Вопрос 3

3. Что из перечисленного не относится к коммутационным аппаратам

Варианты ответов

- магнитный пускатель
- рубильник
- пакетный выключатель

### Вопрос 4

4. отделители, короткозамыкатели, разъединители относятся

Варианты ответов

- аппаратам защиты
- к коммутационным аппаратам
- к токоограничивающим аппаратам

### Вопрос 5

5. токоограничивающие аппараты

Варианты ответов

- токоограничивающий реактор
- вентильный разрядник
- трубчатый разрядник
- высоковольтный предохранитель

### Вопрос 6

6. аппараты предназначенные для пуска, регулирования частоты вращения, напряжения и тока электрических машин или каких-либо других потребителей электрической энергии

Варианты ответов

- разрядник
- магнитный пускатель
- автоматический воздушный выключатель
- резистор

### Вопрос 7

7. Аппараты для контроля заданных электрических и неэлектрических параметров

Варианты ответов

- реле тока
- реле времени
- датчик движения
- командоаппарат

### Вопрос 8

8. С помощью этих аппаратов цепи первичной коммутации (главные цепи) изолируются от цепей измерительных и защитных приборов, а измеряемая величина приобретает стандартное значение удобное для измерений.

Варианты ответов

- ограничивающие
- измерительные
- коммутационные

### Вопрос 9

9. Функция защитных оболочек электрических аппаратов



Варианты ответов

- Для предотвращения соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими или подвижными частями и исключение попадания в аппараты инородных тел
- Для предотвращения соприкосновения обслуживающего персонала с токоведущими частями
- защита от внешних факторов

### Вопрос 10

10. степень защиты от прикосновения к опасным деталям аппарата в обозначении аппарата

Варианты ответов

- I
- P
- 1 цифра
- 2 цифра

## Практическое занятие №1,2

### «Контакторы постоянного и переменного тока», «Магнитные пускатели»

Необходимо выбрать контактор, магнитный пускатель и тепловое реле для управления и защиты асинхронного двигателя серии 4А, работающего в продолжительном режиме. Тип двигателя в соответствии с индивидуальным вариантом контрольного задания выбрать из таблицы 1 приложения 4. Схема прямого пуска и защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором представлена на рисунке 1.1.

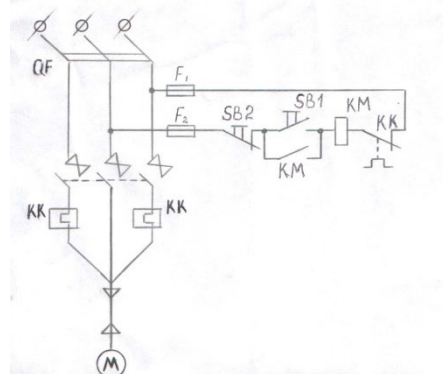


Рисунок 1.1 – Схема пуска и защиты двигателя

Методические указания и примеры решения

Выбор контакторов (магистральных пускателей) – производится по следующим условиям:

- а) роду тока силовой цепи;
- б) номинальному напряжению и току в силовой цепи;
- в) числу главных и вспомогательных контактов пускателя (контакторов);
  - г) категории применения и климатического исполнения аппарата: категория применения определяется условиями работы потребителя и схемой питания;
- д) режима работы.

Если выбирается пускатель, то необходимо указать наличие теплового реле и реверсивности пускателя, что определяется схемой управления двигателя.

Выбор тепловых реле – производится по условиям: а) номинальному напряжению реле;

б) числу полюсов;

в) номинальному току нагревательного элемента реле, который выбирается таким образом, чтобы отключение реле при пусковом токе двигателя происходило в интервале времени от  $t_{П}$  до  $1,5 \cdot t_{П}$ . Если выбран пускатель со встроенным тепловым реле, то уточняется номинальный ток нагревательного элемента и по характеристике реле проверяется время его срабатывания.

Выбор предохранителей для двигателей – производится по условию:

- отстройки от пускового тока двигателя:

$$I_H \geq \frac{I_{ПД}}{K}, \quad (1)$$

где  $I_H$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя;

$I_{ПД}$  – пусковой ток двигателя;

$K$  – коэффициент, определяемый условиями пуска ( $K = 2,5$  – лёгкий пуск;

$K = 1,6 - 2$  – тяжёлый пуск).

В общем случае номинальный ток плавкой вставки, через которую питаются несколько самозапускающихся двигателей, выбирают по выражению:

$$I_H \geq \frac{\sum I_{ПД}}{K}, \quad (2)$$

где  $\sum_1^n I_{пд}$  – сумма пусковых токов всех самозапускающихся двигателей.

Выбранный по условию (2) предохранитель проверяют на пуск самых крупных двигателей в нормальном режиме по выражению:

$$I_H \geq \frac{\sum_1^n I_{нд} + \sum_1^m I_{пд}}{K}, \quad (3)$$

где  $\sum_1^n I_{нд}$  - сумма номинальных токов работающих двигателей;

$\sum_1^m I_{пд}$  - сумма пусковых токов самых крупных двигателей.

#### Выбор автоматических, воздушных выключателей (автоматов).

Для защиты двигателей обычно применяют автоматы с комбинированными расцепителями:

- **в режиме КЗ** срабатывает электромагнитный (мгновенный) расцепитель, ток срабатывания которого отстраивается от номинального тока двигателя по формуле:

$$I_{СР}^M \geq (1,5 \div 1,8) \cdot I_{НД}, \quad (4)$$

где  $I_{СР}^M$  - ток срабатывания мгновенного расцепителя;

$I_{НД}$  - пусковой ток двигателя.

- **в режиме перегрузки** срабатывает тепловой (зависимый) расцепитель, ток срабатывания которого отстраивается от номинального тока двигателя по условию:

$$I_{СР}^3 \geq I_{НД}, \quad (5)$$

где  $I_{СР}^3$  - ток срабатывания зависимого расцепителя;

$I_{НД}$  - номинальный ток двигателя.

Если температура эксплуатации автомата ( $tЭ$ ) отличается от температуры, при которой расцепитель калибруется на заводе ( $tК$ ), рекомендуется сделать пересчёт тока срабатывания по формуле:

$$I_{СР}^3 = I_{НД} \cdot \sqrt[3]{\frac{1 + 0,006 \cdot t_{КЭ}}{1 + 0,006 \cdot t_{Э}}}, \quad (6)$$

Выбор автоматов для защиты группы двигателей осуществляется по условиям: номинальный ток его зависимого расцепителя должен быть не меньше суммы номинальных токов группы двигателей, т. е.

$$I_{СР} \geq \sum_1^n I_{НД}, \quad (7)$$

ток срабатывания независимого расцепителя должен быть отстроен от тока самозапуска всех двигателей:

$$I_{СР}^H \geq (1,5 \div 1,8) \sum_1^n I_{НД}, \quad (8)$$

для обеспечения селективности с мгновенными расцепителями автоматов, защищающих двигатели, автомат, защищающий группу двигателей, должен иметь независимую выдержку времени.

*Пример. Выбор контактора и магнитного пускателя для управления и защиты двигателя*

Требуется выбрать магнитный пускатель (контактор) для управления и защиты асинхронного двигателя типа 4АР13284, работающего в продолжительном режиме. Схема прямого пуска и защиты приведена на рисунке 1.1.

По типу двигателя из справочной литературы определим его технические параметры:

- номинальная мощность,  $P_{ном} - 7,5$  кВт;
- коэффициент полезного действия,  $\eta_{ном} - 87,5\%$ ;
- коэффициент мощности,  $\cos \varphi - 0,86$ ;
- номинальное линейное напряжение на обмотке статора,  $U_{ном} - 380$  В;
- коэффициент кратности пускового тока,  $KI - 6,5$ ;
- время пуска двигателя,  $tп - 5$  с.

Определим параметры, по которым производится выбор магнитного пускателя:

а) род тока – переменный, частота – 50 Гц;

б) номинальное напряжение – 380 В, номинальный ток не должен быть меньше номинального тока двигателя;

в) согласно схеме включения двигателя (рис. 1.1) аппарат должен иметь не менее трёх замыкающихся силовых контактов и одного замыкающегося вспомогательного контакта;

г) категория применения, аппарат должен работать в одной из категорий применения: АС – 3 или АС – 4 (прил. 5);

д) режим работы аппарата – продолжительный с частыми прямыми пусками двигателя.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Электрические и электронные аппараты (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	Электрические и электронные аппараты (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц, 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

#### Основная литература

1. Электрические аппараты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 304 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-91134-929-5.
2. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т.2. Силовые электронные аппараты [Текст] : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [А.П. Бурман и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 320с. – ISBN 978-5-7695-6255-6.

#### Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ (19 ЧАСОВ)

### Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является овладение слушателями знаниями об основных проблемах обеспечения безопасности жизнедеятельности в условиях аварий, катастроф, стихийных бедствий, способов защиты от них; создания комфортного (нормативного) состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности человека, формирование профессиональной культуры безопасности (ноксологической культуры), под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности в сфере профессиональной деятельности, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности рассматриваются в качестве приоритета.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

- возможные угрозы для жизни и здоровья человека;
- методы защиты от поражения электрическим током.

#### Слушатель должен уметь:

- выявлять и устранять возможные угрозы для жизни и здоровья человека;
- оказывать первую помощь.

#### Слушатель должен владеть:

- навыками устранения угроз для жизни и здоровья человека;
- навыками оказания первой помощи;
- методами защиты от поражения электрическим током

### Содержание дисциплины

№, темы	Наименование	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	СРС, час
1	2	3	4	5
	Идентификация и воздействие на человека вредных и опасных факторов среды обитания	Классификация негативных факторов среды обитания человека. Понятие опасного и вредного фактора. Допустимое воздействие вредных факторов на человека и среду обитания. Понятие предельно допустимого уровня (предельно допустимой концентрации) вредного фактора и принципы его установления. Источники и характеристики основных негативных факторов и особенности их действия на человека. Пожаровзрывоопасность. Характеристики и классификация пожароопасности веществ и материалов. Пожарная нагрузка. Огнестойкость конструкций и зданий. Классификация помещений и производств по пожароопасности. Пожарная профилактика. Категорирование помещения по степени электрической опасности. Молния как разряд статического электричества. Опасные механические факторы		4
	Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности	Понятие комфортных или оптимальных условий. Микроклимат помещений. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата. Методы обеспечения комфортных климатических условий в помещениях: системы отопления, вентиляции и кондиционирования, устройство. Контроль параметров микроклимата в помещении. Освещение и световая среда в помещении. Нормирование искусственного и естественного освещения. Искусственные источники света. Выбор и расчет основных параметров естественного, искусственного и совмещенного освещения. Контроль параметров освещения. Конкретные примеры расчетов и выбора систем вентиляции, кондиционирования и освещения	Решение задач – 1 час	2
	Защита человека и среды обитания от опасных и вредных факторов природного, антропогенного и	Основные принципы защиты. Совершенствование конструкции и рабочего процесса, реализуемого в нем. защита расстоянием и временем. Защита от опасных и вредных факторов на пути распространения. Поглощение. Коллективные и индивидуальные средства защиты.	Решение задач – 1 час	4

техногенного характера	Защита от химических негативных факторов. Общие задачи и методы защиты. Защита от загрязнения воздушной среды. Вентиляция. Защита от энергетических воздействий и физических полей. Методы и средства обеспечения электробезопасности. Анализ и оценивание техногенных рисков. Качественная и полуколичественная оценка риска, дерево отказов, дерево событий. Типовые методы защиты от негативных факторов в сфере профессиональной деятельности.		
------------------------	--	--	--

### Оценка качества освоения дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

*Оценочные материалы:*

#### Вопросы к тесту по дисциплине:

Тема 1

#### 1. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ РЕГЛАМЕНТИРУЕТСЯ:

- КЗОТ;
- ПУЭ-76;
- ГОСТ 12.1.008-88;
- СП 52.13330.2011 (СНиП 23.05-95);
- НРБ-96.

#### 2. В ПОМЕЩЕНИИ С БОКОВЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ КЕО НОРМИРУЕТСЯ В ТОЧКЕ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ...

- на расстоянии 1м от световых проемов;
- на расстоянии 1м от самой далекой от световых проемов стены;
- в точке посередине помещения;
- на расстоянии 1.25 м от световых проемов;
- по всему помещению.

#### 3. НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ОТНОШЕНИЕМ:

- $\frac{KEO_{max}}{KEO_{min}}$ ;
- $\frac{KEO_{min}}{KEO_{сред}}$ ;
- $\frac{KEO_{max}}{KEO_{сред}}$ ;
- $\frac{E}{KEO_{сред}}$ .

#### 4. В ОСНОВУ НОРМИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОЛОЖЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ:

В этом вопросе необходимо выбрать несколько вариантов ответа:

- вид освещения;
- характер рабочего процесса;
- контраст объекта с фоном и яркость фона;
- категория тяжести труда;
- размер объекта различения.

#### 5. НОРМИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ МИКРОКЛИМАТА ЯВЛЯЮТСЯ

- температура, давление, скорость движения воздуха
- температура, давление, относительная влажность воздуха
- температура, относительная влажность, скорость движения воздуха
- давление, скорость движения воздуха, температура
- давление, скорость движения воздуха, влажность, температура

#### 6. ОПТИМАЛЬНЫЕ И ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА УСТАНОВЛИВАЮТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ...

В этом вопросе необходимо выбрать несколько вариантов ответа:

- характеристики помещения по избытку теплоты;
- времени года;
- широты местности;
- категория тяжести труда;
- ориентация помещения относительно сторон света.

#### 7. НЕОБХОДИМОЕ КОЛИЧЕСТВО ВОЗДУХА, ПОДАВАЕМОЕ В ПОМЕЩЕНИЕ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ ВЫДЕЛЕНИИ

1. ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, 2. ТЕПЛОТЫ И 3. ВЛАГИ, ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК...

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{c_p (T_{\text{выт}} - T_{\text{прит}})} ;$$

$$L_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{вл}}}{P(d_{\text{выт}} - d_{\text{прит}})} ;$$

$$L_{np} = \frac{G}{(q_{выт} - q_{прит})};$$

- по сумме пп. 1,2,3;
- по максимальному значению из 1, 2, 3, но не менее 30 мЗ.

8.ОРГАНИЗОВАННАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ОТКРЫВАЮЩИХСЯ ОКОН И ФОНАРЕЙ НАЗЫВАЕТСЯ...

- кондиционированием;
- дефлекцией;
- аэрацией;
- воздушным душированием;
- общеобменной вентиляцией.

9.СОДЕРЖАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ...

- ПДКР.З.;
- ПДКС.С.;
- ПДУ;
- КВИО;
- предельным выбросом.

10. ФИБРОГЕННЫЙ ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛИ – ЭТО:

- раздражение слизистых оболочек;
- рубцевание легочной ткани;
- раздражение верхних дыхательных путей;
- развитие злокачественных опухолей;
- развитие аллергических заболеваний.

## Тема 2

1.УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ СООТНОШЕНИЕМ:

- $L = 20 \lg(P/P_0)$ ;
- $L = 10 \lg(P/P_0)$ ;
- $L = 20 \ln(P/P_0)$ ;
- $L = 20 \lg(P/I)$ ;
- $L = \lg(P/P_0) + 20$ .

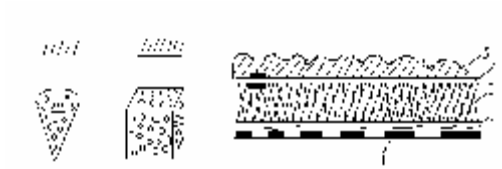
2.УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ:

- воздушным путем;
- воздушным и контактным путем;
- контактным путем;
- только в электропроводящих материалах;
- только в жидкостях.

3.НОРМИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ВИБРАЦИИ ЯВЛЯЮТСЯ

- средние квадратичные значения виброскорости (и их логарифмические уровни) или виброускорения;
- средние квадратичные значения логарифмического уровня виброскорости;
- уровень виброускорения;
- амплитуда виброперемещения;
- частота вибрации.

4.УСТРОЙСТВА, ИЗОБРАЖЕННЫЕ НА РИСУНКЕ:



- снижают уровень шума за счет уменьшения отраженного звука;
- снижают уровень шума в источнике;
- повышают содержание отрицательных ионов в воздухе рабочей зоны;
- экранируют вредные излучения от электронных устройств;
- используются для обеспечения равномерности освещения.

5. СПОСОБАМИ ЗАЩИТЫ ОТ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ

В этом вопросе необходимо выбрать несколько вариантов ответа:

- теплоизоляция поверхностей;
- теплозащитные экраны;
- инфильтрация;
- воздушное душирование;
- блокировка.

6. ОСНОВНОЙ МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИВУЮ ТКАНЬ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ:

- в ионизации атомов и молекул ткани;
- в нарушении проводимости нейронных цепей;
- в радиационно-химических изменениях тканей;
- в нагреве живой ткани за счет поглощения энергии ЭМП;
- в разложении ткани костного мозга.

7. ОТЛИЧИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ДРУГИХ ВИДОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ЕГО .....

В этом вопросе необходимо выбрать несколько вариантов ответа:

- интенсивности;
- когерентности;
- ионизирующей способности;
- монохроматичности;
- высокой степени направленности.

8. К ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЯМ ОТНОСЯТСЯ:

В этом вопросе необходимо выбрать несколько вариантов ответа:

- поток нейтронов;
- альфа-излучение и бета-излучение;
- инфракрасное;
- микроволновое излучение 300 МГц-300 ГГц;
- лазерное и ультрафиолетовое;
- рентгеновское излучение, гамма-излучение.

9. ФИБРИЛЛЯЦИЯ И ОСТАНОВКА СЕРДЦА НАСТУПАЕТ ПРИ СИЛЕ ТОКА:

В этом вопросе необходимо выбрать один вариант ответа:

- 50..80 мА;
- 10..20 мА;
- 50..70 А;
- 2..5 мА;
- 0,1 А.

10. ПРЕДНАМЕРЕННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НЕТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК С ЗЕМЛЕЙ ИЛИ ЕЕ ЭКВИВАЛЕНТОМ НАЗЫВАЕТСЯ:

- рабочим заземлением;
- защитным заземлением;
- занулением;
- закорачиванием;
- замыканием на землю.

### Тема 3

1. ОПРЕДЕЛИТЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ОТКРЫТЫХ ПЕРЕЛОМАХ:

- А- придать пострадавшему удобное положение, аккуратно вправить кость в первоначальное положение, наложить повязку и провести иммобилизацию, доставить пострадавшего в лечебное учреждение;
- Б- дать обезболивающее средство, провести иммобилизацию конечности, направить пострадавшего в лечебное учреждение;
- В- остановить кровотечение, наложить стерильную повязку, дать обезболивающее средство, провести иммобилизацию, доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

2. С КАКОЙ ЦЕЛЬЮ ПРОВОДИТСЯ ЙОДНАЯ ПРОФИЛАКТИКА?

- защита щитовидной железы от действия ИИ;
- защита органов пищеварения;
- защита поджелудочной железы;
- защита эндокринной системы.

3. С КАКОЙ ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ РАДИОПРОТЕКТОРЫ?

- для лечения органов пищеварения;
- для ослабления действия ИИ;
- для защиты эндокринной системы;
- для защиты поджелудочной железы.

4. В КАКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НЕОБХОДИМО ОКАЗЫВАТЬ ПЕРВУЮ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ПРИ ПРЕКРАЩЕНИИ У НЕГО СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ДЫХАНИЯ?

- освободить дыхательные пути, проводить искусственное дыхание и непрямой массаж сердца;
- выполнить массаж сердца, освободить дыхательные пути, а затем провести искусственное дыхание;
- освободить дыхательные пути, проводить искусственное дыхание и массаж сердца.

5. ВЫБЕРИТЕ УТВЕРЖДЕНИЕ, КОТОРОЕ ВЕРНО ОТРАЖАЕТ ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ЧАСТОТЫ:

- с увеличением частоты тока: от 0 до 50 Гц опасность поражения возрастает, от 50 до 100 Гц опасность поражения наиболее высока, с дальнейшим увеличением частоты тока опасность поражения уменьшается;
- с увеличением частоты тока опасность поражения возрастает;
- с увеличением частоты тока: от 0 до 50 Гц опасность поражения уменьшается, от 50 до 100 Гц опасность поражения наименьшая, с дальнейшим увеличением частоты тока опасность поражения возрастает;
- опасность поражения электрическим переменным током не зависит от его частоты.

#### 6. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ...

- а) защищаемых органов;
- б) количества защищаемых работников;
- в) опасных и вредных производственных факторов;
- г) технического исполнения.

#### 7. ВЫ ВОШЛИ В КОМНАТУ, ГДЕ НАХОДИТСЯ ПОРАЖЕННЫЙ АММИАКОМ. ВАШИ ДЕЙСТВИЯ:

- немедленно начать делать искусственное дыхание;
- надеть на пострадавшего противогаз, ватно-марлевую повязку. Вынести из зараженного помещения;
- пораженного не трогать. Как можно быстрее вызвать «скорую помощь».

### Методические материалы для проведения практического занятия:

#### Задание для практического занятия 1

Вы обнаружили в лаборатории человека, лежащего на полу с зажатым в руке токонесущим проводом. Опишите подробно ваши действия при оказании первой доврачебной помощи в этом случае.

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если владеет навыками оказания первой доврачебной помощи, не допустил грубых ошибок при выполнении данного задания;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

#### Задание для практического занятия 2 по модулю «Защита человека и среды обитания от опасных и вредных факторов природного, антропогенного и техногенного характера»

Найти, нужно ли предусматривать общеобменную вытяжную вентиляцию в механической мастерской (размером 54'12'6 м), в которой установлено 5 местных отсосов-кожухов от шлифовальных станков диаметром 500 мм и два зонта над ваннами травления деталей в растворах кислот. Класс опасности паров кислот – II-й. Площадь отверстий каждого зонта 80'95 см. Приточная общеобменная вентиляция обеспечивает 3-х кратный воздухообмен.

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если дал правильный ответ, приведено подробное решение, указаны все единицы измерения.
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

#### Задание для практического занятия 3

Оценка качества воздуха. В результате анализа в пробе воздуха производственного помещения обнаружены вредные вещества (наименование и количество приведены в таблице). Провести оценку воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе. Сопоставить фактические концентрации веществ с предельно-допустимыми и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ.

№	Вещество	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>
1	Этанол	150
2	Оксид углерода	15
3	Озон	0,01
4	Серная кислота	0,05
5	дихлорэтан	5
6	ацетон	0,5

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если дал правильный ответ, приведено подробное решение, указаны все единицы измерения.
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

#### Задание для практического занятия 4

Определить время подхода к населенному пункту зараженного облака. Исходные данные: вещество – аммиак, количество – 20 т, условия хранения – обваловка, температура – 20 °С, изотермия, скорость ветра – 2 м/с, расстояние до населенного пункта – 10 км.

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если дал правильный ответ, приведено подробное решение, указаны все единицы измерения;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

#### Задание для практического занятия 5

За последние несколько лет остановка некоторой машины приводила к несчастным случаям. Остановка может вызываться одновременным отказом первичного и резервного источника питания (вероятность отказа резервного



источника в год **0,012**), невнимательностью оператора (вероятность ошибки оператора 0,040) , а также другими отказами (вероятность 0,050). Для обеспечения безопасности первичного источника должны быть исправны два компонента: переключатель (вероятность отказа в год 0,001) и стартер (вероятность отказа в год 0,050). В качестве альтернативных мероприятий по повышению безопасности предлагаются: 1) установка стартера с более высокой надежностью; 2) более надежный резервный источник питания (0,001); 3) снижение за счет усовершенствования схемы вероятности других отказов.

*Определить вероятности остановки машины до и после проведения одного из мероприятий по повышению безопасности.*

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если построил дерево отказов, рассчитал вероятность наступления головного события до и после альтернативных мероприятий.

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

**Задание для практического занятия 6**

В резервуарном парке склада нефтепродуктов возник пожар пролива бензина. Определить минимальное безопасное расстояние от границы пожара до человека в брезентовой одежде. Исходные данные: температура воздуха 20 °С, скорость ветра 0,3 м/с, площадь пролива 400 м<sup>2</sup>.

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если дал правильный ответ, приведено подробное решение, указаны все единицы измерения;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

**Задание для практического занятия 7**

Рассчитать уровень интенсивности шума на территории, где находятся три ненаправленных источника шума на высоте 1,5 м с уровнями звуковой мощности 50 дБ, 40 дБ, 60 дБ. Расчет выполнить для точки, отстоящей от 1-го источника на расстоянии 2 м,

от 2-го – на расстоянии 2,5 м, от 3-го – на расстоянии 4 м. Звуковое поле считать свободным, т.е. не имеющим границ, от которых могли бы происходить отражение звуковых волн. Влажность воздуха равна 80%.

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если дал правильный ответ, приведено подробное решение, указаны все единицы измерения;

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

**Задание для практического занятия 8 по модулю «Чрезвычайные ситуации (ЧС), защита человека и объектов экономики в условиях ЧС».**

Согласно нормативным документам (СНиП, СП) при обустройстве двухъярусных убежищ (без учета помещения для дизельной электростанции, тамбуров, расширительных камер) для укрываемых следует предусматривать места для сидения размерами 0,45\*0,45 м на одного человека, а места для лежания - 0,55\*1,8 м. Высота скамей первого яруса должна быть 0,45 м, на втором яруса – 1,4 м. Расстояние от верхнего яруса до перекрытия или выступающих конструкций потолка должно быть не менее 0,75 м. На одного человека предусматривается не менее 1,5 м<sup>3</sup> внутреннего объема помещения. Помещение устраивается в виде отсеков вместимостью 50-75 человек.

В данной задаче перекрытие будем считать ровным, высоту помещения равной 2,15 м, площадь помещения для укрываемых 100 м<sup>2</sup>.

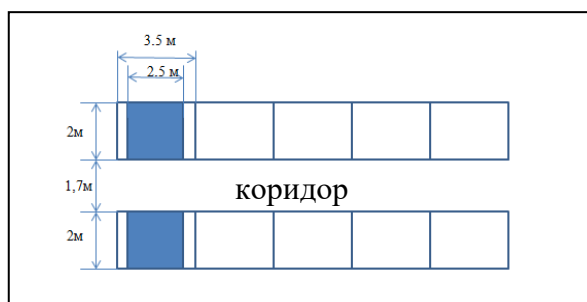


Рис. Схема отсека защитного сооружения

Рассчитать число людей, которых комендант убежища может запустить в помещение не опасаясь административных взысканий и не вызывая нареканий укрываемых по поводу удобства, размещенных в спецотсеках, отделенных от основного помещения плотными перегородками.

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он верно рассчитал количество людей, которые могут укрыться в убежище в результате чрезвычайной ситуации.

- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

**Задание для практического занятия 9**

Оценить опасность облучения оператора от точечного источника гамма-излучения, находящегося на расстоянии 0,4 м от рабочего места. Вид радионуклида <sup>60</sup>Co и активность 2 мКи. Время работы оператора 36 ч в неделю (1700 в год). Сравнить полученное значение эквивалентной дозы с ПДД для категории А. Рассчитать уровень риска и сделать вывод о радиационной безопасности работника.

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если правильно определил эквивалентную дозу, используя справочные данные по коэффициентам. Использовал нормативные документы для оценки безопасной работы с радионуклидами;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он полностью не справился с заданием.

### Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

#### а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Безопасность жизнедеятельности</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSPProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Безопасность жизнедеятельности</b> (практические занятия, лабораторные работы)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – Genius NetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSPProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

#### б) Учебно-методическое и информационное обеспечение Основная литература

1. Занько, Н. Г. Безопасность жизнедеятельности : учебник / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак. — 17-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 704 с. — ISBN 978-5-8114-0284-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167385>

2. Безопасность жизнедеятельности : учебник / А. А. Солдатов, Н. П. Кириллов, М. Ю. Мартынова [и др.]. — Москва : РГСУ, 2019. — 555 с. — ISBN 978-5-7139-1383-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158502>

3. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018. — 446 с. — ISBN 978-5-394-02972-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105582>

#### Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.



## ДИСЦИПЛИНА 8. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (30 ЧАСОВ)

### Цель освоения дисциплины

формирование профессиональных знаний и умений в области проектирования и эксплуатации современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на различных электроэнергетических объектах.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

основное технологическое оборудование для создания современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на электроэнергетических объектах и требования в области проектирования, монтажа, наладки и эксплуатации подобных автоматизированных систем применительно к условиям функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности

#### Слушатель должен уметь:

решать практические задачи по выбору технологического оборудования современных автоматизированных систем контроля и учета электропотребления на энергообъектах.

#### Слушатель должен владеть:

навыками анализа исходных данных для проектирования и выбора оптимального состава оборудования систем электроснабжения.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
Основы учета электроэнергии	<p>Нормативное обеспечение учета электроэнергии</p> <p>Метрологическое обеспечение учета электроэнергии</p> <p>Организационное и техническое обеспечение контроля и учета энергоресурсов на объектах электроэнергетики. Балансы электроэнергии на энергообъектах</p> <p>8 часов</p>	<p>Недоучет при измерении активной электрической энергии.</p> <p>2 часа</p>	Не предусмотрено	<p>Состав измерительных комплексов по учету электроэнергии. Технологические требования к измерительным комплексам для организации коммерческого и технического учета электроэнергии. Вторичные измерительные цепи энергообъектов. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Современные электросчетчики для систем учета электроэнергии и схемы их включения. Инструментальное и методическое обеспечение при эксплуатации измерительных комплексов. Документация на измерительные комплексы. Варианты построения и организации АСКУЭ на предприятиях.</p> <p>12 часов</p>	Не предусмотрено

Оценка качества освоения дисциплины

1.1. Каким документом регламентируются нормы показателей качества электроэнергии?

1.2. Требования ГОСТ для величины установившегося отклонения напряжения.

1.3. Требования ГОСТ для величины коэффициента несинусоидальности напряжения  $K_u$  при номинальном напряжении  $U_n=0,38\text{кВ}$ .

1.4. Требования ГОСТ для величины:  
а) коэффициента несимметрии напряжения по обратной последовательности  $K_{2u}$  и б) коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности  $K_{0u}$

1.5. Требования ГОСТ для величины отклонения частоты  $\Delta f$

1.6. Влияние увеличения уровня напряжения на работу электроприемников:

1.7. Влияние уменьшения уровня напряжения на работу электроприемников:

1.8. Комплекс мероприятий по снижению отклонения напряжения.

1.9. Комплекс мероприятий по снижению колебания напряжения.

1.10. Какие мероприятия позволяют уменьшить отклонение напряжения до допустимой величины  $\delta U_u$ .

Гражданским кодексом.

Правилами устройства электроустановок.

**ГОСТ**

Правилами технической эксплуатации.

$U_u n = 5\% U_{ном}$    $U_{пред} = 5\% U_{ном}$ .

$U_u n = 5\% U_{ном}$    $U_{пред} = 10\% U_{ном}$ .

$U_u n = 10\% U_{ном}$    $U_{пред} = 10\% U_{ном}$ .

$U_u n = 1\% U_{ном}$    $U_{пред} = 5\% U_{ном}$ .

**$K_u$  норм.=8,0 и  $K_u$  пред. = 12,0**

$K_u$  норм. =4,0 и  $K_u$  пред. = 6,0

$K_u$  норм. = 10,0 и  $K_u$  пред. = 15,0

$K_u$  норм. =5,0 и  $K_u$  пред. = 10,0

**а)  $K_{2u} n = 2\%$   $K_{2u}$  пред. = 4% б)  $K_{0u} n = 2\%$   $K_{0u}$**

**пред.=4%.**

а)  $K_{2u} n = 1\%$   $K_{2u}$  пред. = 2% б)  $K_{0u} n = 1\%$   $K_{0u}$  пред.=2%.

а)  $K_{2u} n = 4\%$   $K_{2u}$  пред. = 6% б)  $K_{0u} n = 4\%$   $K_{0u}$  пред.=6%.

а)  $K_{2u} n = 5\%$   $K_{2u}$  пред. = 10% б)  $K_{0u} n = 5\%$   $K_{0u}$  пред.=10%.

**$\Delta f n = 0,2$  Гц  $\Delta f$  пред. =0,4Гц.**

$\Delta f n = 0,2\%$   $\Delta f$  пред. 0,4%

$\Delta f n = 0,5$ Гц  $\Delta f$  пред. = 1,0Гц.

$\Delta f n = 0,5\%$   $\Delta f$  пред. = 1,0%.

а) срок службы ламп накаливания увеличивается; б) ротор перегревается.

**а) срок службы ламп накаливания уменьшается; б) статор перегревается.**

а) срок службы ламп накаливания уменьшается; б) ротор перегревается.

а) срок службы ламп накаливания увеличивается; б) статор перегревается.

а) срок службы ламп накаливания увеличивается; б) статор перегревается.

**а) срок службы ламп накаливания увеличивается, световой поток уменьшается; б) ротор перегревается, пусковой момент уменьшается.**

а) срок службы ламп накаливания уменьшается, световой поток уменьшается; б) ротор перегревается, пусковой момент увеличивается.

а) срок службы ламп накаливания уменьшается, световой поток увеличивается; б) статор перегревается, пусковой момент уменьшается.

**Регулировка напряжения.**

Стабилизация напряжения.

Компенсация реактивной энергии.

Подключение добавочного напряжения.

Регулировка напряжения.

**Стабилизация напряжения.**

Компенсация реактивной энергии.

Подключение добавочного напряжения

Установка фильтров высших гармоник.

Установка реакторов.

Компенсация реактивной энергии.

**Компенсация реактивной энергии и подключение добавочного напряжения.**

## Методические материалы для проведения практических занятий:

### «Недоучет при измерении активной электрической энергии»

Вопросы для обсуждения:

1. Чему равна величина максимального и минимального недоучета электроэнергии?
2. Назовите причины недоучета электроэнергии.
3. Какие приборы и устройства используют для выявления недоучета электроэнергии?
4. Каким простым способом можно выявить недоучет электроэнергии и определить его величину?

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: Гб Оперативная память: 4Гб (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 Ггц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

1. Современные проблемы электроэнергетики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Я. Ушаков. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2014. - 447 с.: ISBN 978-5-4387-0521-5

**Дополнительная литература**

1. Организация и управление деятельностью электросетевых предприятий [Электронный ресурс] : учеб.пособие / В.Я.Хорольский, М.А.Таранов, В.Г.Жданов - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 144 с. - (ВО: Бакалавриат) (Обложка) ISBN 978-5-00091-133-4.

2. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Комков, Н.С. Тимахова. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 204 с. ISBN 978-5-16-006849-7.

3. Конкурентные рынки оптовой и розничной электроэнергии в России [Электронный ресурс] : Монография / В.А. Андреев.; Некоммерческое партнерство «СОВЕТ РЫНКА». - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 261 с. - (Научная мысль; Энергетика). (о) ISBN 978-5-16-006824-4.

4. Герасименко, А. А. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах рас-пределения электрической энергии [Электронный ресурс] : монография / А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 218 с. - ISBN 978-5-7638-2630-2.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 9. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (23 ЧАСА)

**Цели** освоения дисциплины: формирование у обучающихся профессиональных знаний и умений в области анализа и учета последствий возникновения переходных процессов в электроэнергетических системах.

**Задачи:**

- познакомить с физическими явлениями аварийных процессов, происходящих при эксплуатации элементов электроэнергетических систем;
- познакомить с физическими явлениями аварийных процессов, происходящих при эксплуатации элементов электроэнергетических систем;
- научить производить расчет параметров электромагнитного переходного процесса при эксплуатации электроэнергетических систем;
- научить применять анализ факторов, влияющих на безопасность электроэнергетических систем.

**Содержание дисциплины**

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1 Сведения об электромагнитных переходных процессах 2 Характеристика переходного процесса при трёхфазном коротком замыкании 3 Установившийся режим короткого замыкания 4 Начальный момент внезапного изменения режима 5 Методы расчёта токов трёхфазного короткого замыкания 6 Несимметричные короткие замыкания	1.1 Общие указания к расчёту коротких замыканий. Система относительных единиц; 1.2 Составление схем замещения с использованием точного и приближённого приведения. Преобразование схем замещения и рекомендации по их преобразованию. 2.1 Общая характеристика переходного процесса при КЗ в простейших трёхфазных цепях, питающихся от источника неограниченной мощности; 2.2 Характеристика переходного процесса при КЗ в цепи, питающейся от генератора без АРВ; 3.1 Параметры синхронного генератора в установившемся режиме КЗ; 3.2 Влияние и учёт нагрузки в установившемся режиме КЗ (при питании нагрузки от генераторов без АРВ и с АРВ); 4.1 Параметры синхронного генератора в начальный момент переходного процесса. Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности генератора.	Расчёт статической устойчивости и предела передаваемой по линии мощности. Лавинные процессы в электроэнергетической системе 4 часа	Не предусмотрено	7 Замыкания в распределительных сетях и сетях промышленных предприятий 8.Режимы электрических систем, требования, предъявляемые к режимам. Осуществимость режима, Устойчивость режима; 9 Статическая устойчивость системы 10 Динамическая устойчивость 11 Устойчивость узлов нагрузки 10 часов	Не предусмотрено

	4.2 Учёт нагрузки в начальный момент переходного процесса; 5.1 Метод эквивалентных ЭДС; 5.2 Метод расчётных кривых; 6.1 Основные положения метода симметричных составляющих. Уравнения Кирхгофа при несимметрии. 6.2 Сопротивления отдельных элементов токам различных последовательностей; 8 часов				
--	---	--	--	--	--

### Оценка качества освоения дисциплины

#### Тестовые задания

Тип тестовых заданий: Выбор одного варианта ответа из предложенного множества.

Инструкция студенту: Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Ответить»

- 1 При проверке электрических аппаратов и жестких проводников вместе с относящимися к ним поддерживающими и опорными конструкциями на электродинамическую стойкость расчетным видом КЗ является:
1. Однофазное (замыкание фазы на землю);
  2. Двухфазное (замыкание двух фаз между собой);
  3. Двухфазное на землю (2 фазы между собой и одновременно на землю);
  4. **Трёхфазное (3 фазы между собой).**
- 2 Критическая продолжительность КЗ зависит от площади поперечного сечения проводника  $S$  идля кабелей с алюминиевыми жиламиопределяется по формуле:
1.  $t_{\text{откл.кр}} = 0,65 \times 10^{-2} \times S$  ;
  2.  $t_{\text{откл.кр}} = 0,56 \times 10^{-2} \times S$  ;
  3.  $t_{\text{откл.кр}} = 1,22 \times 10^{-2} \times S$  ;
  4.  $t_{\text{откл.кр}} = 0,74 \times 10^{-2} \times S$  ;
- 3.Ток короткого замыкания, который был бы в электрической цепи электроустановки при отсутствии действия установленного в ней токоограничивающего коммутационного электрического аппарата называется:
1. ток короткого замыкания прямой последовательности
  2. **ожидаемый ток короткого замыкания**
  3. ток короткого замыкания обратной последовательности
  4. сквозной ток короткого замыкания
4. Условная величина, равная увеличенному в  $\sqrt{3}$  раз произведению тока трехфазного короткого замыкания в начальный момент времени на номинальное напряжение соответствующей сети:
1. напряжение короткого замыкания
  2. ток короткого замыкания
  3. **мощность короткого замыкания**
  4. переходная составляющая тока короткого замыкания
5. Условная величина, характеризующая тепловое действие тока короткого замыкания на рассматриваемый элемент электроустановки, численно равная интегралу от квадрата тока короткого замыкания по времени в пределах от начального момента короткого замыкания до момента его отключения:
1. **Интеграл Джоуля**
  2. Интеграл Ленца
  3. Интеграл Римана
  4. Интеграл Стильеса
- 6.Несимметрия трехфазной электроустановки, обусловленная последовательно включенным в ее цепь несимметричным трехфазным элементом называется:
1. Поперечнаянесимметрия в электроустановке
  2. Продольнаянесимметрия в электроустановке
  3. Сложнаянесимметрия в электроустановке
  4. **!Однократнаянесимметрия в электроустановке**
- 7.Какой простейший электрический аппарат служит для защиты от короткого замыкания:
1. **Плавкий предохранитель**
  2. Силовой выключатель



3. Стабилизатор
4. Реле времени

8. По закону Джоуля-Ленца, ток короткого замыкания, протекая по активному сопротивлению электрической цепи в течение некоторого времени, выделяет в нем тепло, которое рассчитывается по формуле:

1.  $Q = I^2 R \Delta t$
2.  $Q = IR \Delta t$
3.  $Q = UR \Delta t$
4.  $Q = U^2 R \Delta t$

9. Всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы электрическое соединение различных точек электроустановок между собой или с землей называется:

1. перенапряжение
2. **замыкание**
3. обесточивание
4. переходной процесс

10. Электрическая схема, в которой схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей объединены соответствующим образом с учетом соотношений между составляющими токов и напряжений в месте повреждения:

1. **комплексная схема замещения**
2. расчетная схема замещения
3. эквивалентная схема замещения
4. промежуточная схема замещения

11. Ток короткого замыкания для однофазной цепи можно рассчитать по формуле

1.  $I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\Pi} + Z_{Г}}$
2.  $I_{кз} = \frac{U_{ном}}{Z_{\Pi} + Z_{Г}}$
3.  $I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z}$
4.  $I_{кз} = \frac{U_{ном}}{Z}$

12. Напряжение короткого замыкания трансформатора (в % от  $U_n$ ):

1.  $U_{кз} = \frac{\sqrt{3} I_n Z_n}{U_n} 100$
2.  $U_{кз} = \frac{\sqrt{3} I_n}{U_n}$
3.  $U_{кз} = \frac{I_n Z_n}{U_n} 100$
4.  $U_{кз} = \frac{\sqrt{3} I_n Z_n}{U_n}$

13. ударный ток следует определять по формуле:

1.  $i_{уд} = \sqrt{2} I_{по} K_{уд}$
2.  $i_{уд} = \sqrt{2} I_{ном} K_{уд}$
3.  $i_{уд} = \sqrt{3} K_{уд}$
4.  $i_{уд} = \sqrt{3} I_{по} K_{уд}$

14. Для электроустановок характерны 4 режима. Какой из них кратковременный.

1. нормальный,
2. **аварийный,**
3. послеаварийный
4. ремонтный

15. По режиму КЗ электрооборудование проверяется на

1. **электродинамическую и термическую стойкость**
2. Электродинамическую стойкость и коммутационную способность
3. термическую стойкость
4. коммутационную способность

16. Ток электродинамической стойкости электрического аппарата при коротком замыкании –

1. **нормированный ток, электродинамическое действие которого электрический аппарат способен выдержать при коротком замыкании без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе.**
2. нормированный ток, электродинамическое действие которого электрический аппарат не способен выдержать при коротком замыкании без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе
3. нормированный ток, электродинамическое действие которого электрический аппарат способен выдержать при коротком замыкании с небольшими повреждениями, которые не препятствуют его дальнейшей исправной работе
4. нормированный ток, электродинамическое действие которого электрический аппарат способен выдержать при коротком замыкании без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе, но он не должен превышать номинальный ток

17. Электрооборудование проверяется по параметрам

1. **кратковременных режимов**
2. продолжительных режимов
3. послеаварийный режим

4. нормальный режим
18. Мгновенное значение тока короткого замыкания –
  1. **значение тока короткого замыкания в рассматриваемый момент времени.**
  2. значение тока короткого замыкания в начальный момент времени.
  3. значение тока в первую секунду короткого замыкания
  4. значение тока короткого замыкания в любой момент времени к.з.
19. Электромеханический переходный процесс в электроустановке –
  1. **переходный процесс, характеризуемый одновременным изменением значений** электромагнитных и механических величин, определяющих состояние электроустановки.
  2. переходный процесс, характеризуемый одновременным изменением значений электрических и механических величин, определяющих состояние электроустановки.
  3. переходный процесс, характеризуемый изменением значений электромагнитных величин, определяющих состояние электроустановки.
  4. переходный процесс, характеризуемый изменением значений электромагнитных величин, определяющих состояние электроустановки.
20. Переходный процесс в электроустановке –
  1. **процесс перехода от одного установившегося режима электроустановки к другому.**
  2. процесс перехода от неустановившегося режима в установившейся
  3. процесс перехода от аварийного режима к послеаварийному
  4. процесс перехода от послеаварийного режима к нормальному.

**Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.  
Типовые вопросы для проведения зачета**

1. Причины возникновения переходных процессов и их последствия
2. Основные виды КЗ и вероятность их возникновения
3. Что понимается под выражениями «короткое замыкание», «простое замыкание» и «металлическое замыкание»
4. Какие расчётные условия и основные допущения принимаются при расчёте токов КЗ.
5. Как составляются схемы замещения.
6. Как выбираются базисные условия.
7. На чём основаны точное и приближённое приведение сопротивлений элементов схемы замещения.
8. Какие преимущества даёт применение системы относительных единиц.
9. Цель и порядок упрощения схем замещения при выполнении практических расчётов.
10. На какие составляющие раскладывается ток КЗ и как они определяются.
11. В чём заключаются условия возникновения наибольших значений апериодической составляющей и полного тока КЗ.
12. Что называется, ударным током, в какой фазе и в какое время он возникает.
13. Каким будет характер затухания апериодической составляющей тока КЗ во времени при значениях ударного коэффициента, равных 1 и 2.
14. Что отражает постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.
15. Что понимается под установившимся режимом.
16. Как влияет нагрузка на величину тока генератора и тока в месте КЗ и как она учитывается в расчётах.
17. Как проявляется действие АРВ в установившемся режиме КЗ.
18. Какие режимы работы генераторов с АРВ возможны в установившемся режиме КЗ и чем они характеризуются.
19. Что характеризует критическое сопротивление и как оно определяется.
20. Какими параметрами вводятся в расчёт генераторы в зависимости от режима их работы.
21. Каким образом осуществляется проверка правильности выбора режимов работы генераторов в сложной схеме.
22. Какими параметрами вводятся в схему замещения генераторы и нагрузка при расчёте начального сверхпереходного тока.
23. Почему в начальный момент КЗ генератор учитывается в расчётах не синхронными, а сверхпереходными параметрами.
24. В каком соотношении находятся синхронная, переходная и сверхпереходная реактивности синхронной машины и чем обусловлено это соотношение.
25. Почему свободный сверхпереходный процесс происходит даже при отсутствии в машине специальных демпферных обмоток.
26. От каких факторов зависят начальный переходный и сверхпереходный токи.
27. Как практически оцениваются сверхпереходные ЭДС и индуктивное сопротивление асинхронного двигателя и обобщённой нагрузки.
28. Каким образом выполняется учёт системы при определении сверхпереходного тока.
29. Как влияет нагрузка на начальный сверхпереходный ток в месте КЗ и как учитывается это влияние в практических расчётах.
30. На чём основан метод расчётных кривых.

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Переходные процессы в электроэнергетических системах (лекции)</b>	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Переходные процессы в электроэнергетических системах (практические занятия)</b>	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

1. Шабад, В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Текст]: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / В. К. Шабад. - Москва : Академия, 2013. - 192 с. - (Бакалавриат). - ISBN 978-5-7695-9822-7.
2. Куликов, Ю. А. Переходные процессы в электрических системах [Текст]: учеб. пособие. – Новосибирск: НГТУ, М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 283с. – ISBN 5-7782-0324-1.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 10. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ (24 ЧАСА)

### Цель освоения дисциплины

освоения дисциплины: формирование профессиональных знаний и навыков, позволяющих самостоятельно выполнять диагностику электрооборудования при эксплуатации систем электроснабжения и электрических станций.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования

#### Слушатель должен уметь:

применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.

#### Слушатель должен владеть:

навыками эксплуатационных испытаний и диагностики энергетического и электротехнического оборудования.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
Методы контроля состояния силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов	<p>Определение коэффициента трансформации . Определение полярности и группы соединения обмоток. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Измерение тока и потерь холостого хода при малом напряжении. Методы определения параметров изоляции. Методы определения сопротивления короткого замыкания обмоток трансформаторов. Оформление результатов измерений и контроля. 8 часов</p>	<p>Диагностика силовых трансформаторов и автотрансформаторов. 2 часа</p>	Не предусмотрено	<p>Измерение сопротивления изоляции. Проверка увлажненности изоляции. Метод коэффициента абсорбции. Метод измерения емкости. Измерение диэлектрических потерь в изоляции. Методы измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Метод обнаружения дефектов высоковольтного оборудования по излучению разрядов в ультрафиолетовом диапазоне. Испытание изоляции повышенным напряжением. Испытания трансформаторного масла. 12 часов</p>	Не предусмотрено

### Оценка качества освоения дисциплины

1.1. Объект контроля технического состояния

Особо ответственное электрооборудование  
Оборудование входящее в состав автоматизированных систем  
Электрооборудование, по которому протекали токи КЗ

1.2. Тестовое техническое диагностирование	<p><b>Изделие и его составные части, подвергаемые контролю.</b>          Диагностирование по ограниченному числу параметров за заранее установленное время          Диагностирование, при котором на объект подаются максимальные воздействия          Диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия  <b>Диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия</b></p>
1.3. Тепловизионный контроль электрооборудования	<p>диагностика электрооборудования при его рабочей температуре  <b>диагностика электрооборудования с применением специальных приборов</b>          диагностика электрооборудования при его максимально допустимой температуре          диагностика электрооборудования, с замером выделяемого объема теплоты, при номинальном режиме работы объекта</p>
1.4. Автоматическая система технического диагностирования (контроля технического состояния)	<p>Система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагно-стирования (контроля) с применением средств автоматизации и участием человека          Система диагностирования (контроля), обрабатывающая результаты диагно-стики на ЭВМ          Система диагностирования (контроля), имеющая в своем составе ЭВМ</p>
1.5 Ресурс	<p><b>Система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагностирования (контроля) без участия человека</b>          максимально возможный срок службы в экстремальных режимах          наработка электрооборудования от начала его эксплуатации до морального износа  <b>наработка электрооборудования от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в состояние, при котором дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.</b>          наработка электрооборудования от начала его эксплуатации до капитального ремонта</p>
1.6 Условная вероятность ложного отказа (неисправности) в данном элементе (группе)	<p><b>Вероятность того, что при отсутствии отказа (неисправности) в результате диагностирования принимается решение о наличии отказа (неисправности) в данном элементе (группе)</b>          Вероятность того, что неисправный (неработоспособный) объект в результате диагностирования (контроля) признается исправным (работоспособным)          Вероятность того, что исправный (работоспособный) объект в результате диагностирования (контроля) признается неисправным (неработоспособным)          Вероятность того, что при наличии отказа (неисправности) в результате диагностирования принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе)</p>
1.7 Не является прогнозированием технического состояния объекта	<p>Определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.          Определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта  <b>Определение морального состояния объекта и его способности выполнять в дальнейшем его функции</b>          Определение вероятности сохранения работоспособного (исправного) состояния объекта на заданный интервал времени</p>
1.8 Автоматизированная система технического диагностирования (контроля технического состояния)	<p>Система диагностирования (контроля), имеющая в своем составе ЭВМ          Система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагно-стирования (контроля) без участия человека</p>

Система диагностирования (контроля), обрабатывающая результаты диагно-стики на ЭВМ

**Система диагностирования (контроля), обеспечивающая проведение диагностирования (контроля) с применением средств автоматизации и участием человека.**

1.9 Интродиагностика - это

диагностика электрооборудования с помощью тепловизоров  
диагностика электрооборудования в ультрафиолетовом свете  
**диагностика регуляторов напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой без вскрытия его бака и откачки из него диэлектрической жидкости**

1.10 Средство технического диагностирования (контроля технического состояния)

диагностика силовых трансформаторов в полном объеме оборудование, создающее максимальный режим работы объекта  
внешнее оборудование, создающее помехи в работе объекта  
оборудование для формирования и подачи тестовых воздействий на объект  
**аппаратура и программы, с помощью которых осуществляется диагностирование (контроль)**

### Методические материалы для проведения практических занятий:

#### «Диагностика силовых трансформаторов и автотрансформаторов»

Вопросы для обсуждения:

1. Дать определение коэффициента трансформации, пояснить необходимость его измерения.
2. Измерение коэффициента трансформации.
3. Полярность и группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов.
4. Составляющие потерь холостого хода.
5. Использование измерений короткого замыкания и холостого хода при расчете схемы замещения трансформатора.
6. Расчет величины сопротивления обмоток постоянному току.
7. Обязательные реквизиты протокола испытаний трансформатора.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Эксплуатационный контроль и техническая диагностика электрооборудования (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парты аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	Эксплуатационный контроль и техническая диагностика электрооборудования (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 Ггц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

			– Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	
--	--	--	---	--

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

1. Павлович, С.Н. Ремонт и обслуживание электрооборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Н. Павлович, Б.И. Фираго. – 4-е изд. – Минск: Выш. шк., 2009. – 245 с.: ил. - ISBN 978-985-06-1688-3.

**Дополнительная литература**

1. Эксплуатация электрооборудования и устройств автоматики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Дайнеко, Е.П. Забелло, Е.М. Прищепова. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. - 333 с. - (Высшее образование). ISBN 978-5-16-010296-2.

2. Проектирование и эксплуатация энергоустановок телекоммуникационных систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Хорольский В.Я., Ершов А.Б. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 184 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Обложка) ISBN 978-5-00091-166-2.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 11. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (31 ЧАС)

### Цель освоения дисциплины:

- формирование у студентов теоретических знаний и практических умений и навыков по применению методов анализа и синтеза электрических сетей и систем.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

конструктивное выполнение электрических сетей, методы и средства регулирования их режимов

#### Слушатель должен уметь:

определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей

#### Слушатель должен владеть:

методикой расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей и потерь мощности электроэнергии в электрической сети.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Назначение и классификация электрических сетей 2. Конструкции линий электрических сетей 3. Характеристик и параметры элементов электроэнергетической системы	<p>Раздел 1. Основные понятия и определения.</p> <p>Назначение электрических сетей. Классификация электрических сетей.</p> <p>Категории токоприемников. Номинальное напряжение токоприемников, генераторов, трансформаторов.</p> <p>Раздел 2. Конструкции линий электрических сетей.</p> <p>Воздушные линии электропередачи до 1 кВ с самонесущими изолированными проводами. Воздушные линии электропередачи 6-35 кВ с голыми и защищенными проводами. Материалы и конструкции проводов и тросов. Типы опор, материалы опор, их фундаменты. Расположение проводов и тросов на опорах. Изоляция и линейная арматура воздушных линий. Конструкции кабелей и кабельные линии. Кабельные муфты и концевые разделки. Типы кабелей. Токопроводы и шинопроводы. Внутренние проводки.</p> <p>Раздел 3. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы. Схемы замещения (математические модели) элементов электрических сетей. Схемы замещения ЛЭП с равномерно распределенными и сосредоточенными параметрами. Погонные параметры ЛЭП: активное сопротивление, индуктивное</p>	<p>Практическое занятие №1 «Конструкция воздушных линий электропередачи . Арматура воздушных линий электропередач»</p> <p>Практическое занятие №2 «Изучение кабельных линий».</p> <p>6 часов</p>	Не предусмотрено	<p>Заземление нейтралей в электрических сетях. Виды трехфазных систем переменного тока до 1000 В. Режимы заземления нейтралей в сетях напряжением свыше 1000 В. Электрические сети с глухозаземленной и эффективно-заземленной нейтралью. Электрические сети с изолированной нейтралью. Электрические сети с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор. Электрические сети с нейтралью, заземленной через резистор.</p> <p>10 часов</p>	<p>проектирование электрической сети.</p> <p>8 часов</p>

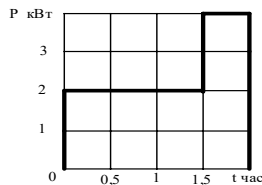


	сопротивление, активная и реактивная проводимость. Упрощения в схемах замещения ЛЭП. Определение параметров схемы замещения ЛЭП. Воздушные ЛЭП с расщепленными фазами. ЛЭП со стальными проводами. Паспортные величины (каталожные данные) и схемы замещения трансформаторов: двух обмоточных, с расщепленной обмоткой, трех обмоточных. Понятия об автотрансформаторе. Определение параметров схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов. 6 часов				
--	--	--	--	--	--

### Оценка качества освоения дисциплины

#### Раздел 1. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей

1. Средняя мощность графика нагрузки равна:



- а) 1,5 кВт;      б) 2 кВт;      **в) 2,5 кВт;**      г) 3 кВт.

2. Годовое число часов использования максимума нагрузки для сельских электрических сетей составляет:

- а) **1000 – 3000 час/год;**      б) 3000 – 5000 час/год;  
в) 5000 – 7000 час/год;      г) свыше 7000 час/год;

3. Номинальное напряжение сельских распределительных электрических сетей:

- а) 5 кВ      б) 10 кВ      в) 15 кВ      **г) 35 кВ**

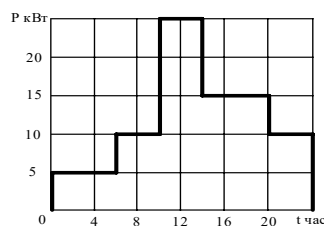
4. По показаниям счетчика на вводе в жилой дом месячное потребление энергии составило 250 кВт×ч. Средняя мощность при этом:

- а) 830 Вт;      **б) 250 Вт;**      в) 1040 Вт;      г) 350 Вт.

5. При питании какого типа нагрузки  $\cos\phi$  в сети будет наименьшим:

- а) **электроосвещение;**      б) электронагрев;      в) электродвигатели;      г) смешанная.

6. По графику нагрузки суточное потребление электроэнергии составляет:



- а) 300 кВт×ч;      б) 480 кВт×ч;      **в) 240 кВт×ч;**      г) 360 кВт×ч

7. Нагрузка потребителей какой группы носит в большей степени сезонный характер:

- а) животноводство;      **б) растениеводство;**

- в) коммунально-бытовые потребители;      г) жилые дома.

8. Какие опоры ВЛ в нормальном режиме работы испытывают минимальные

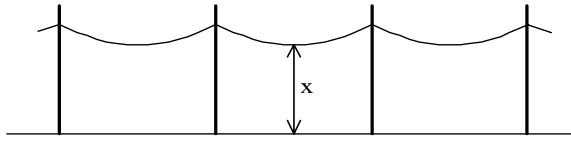
горизонтальные механические нагрузки:

а) **анкерные**; б) промежуточные; в) концевые; г) угловые.

9. Для проводников ВЛ сельского типа используют материал:

а) медь; б) алюминий; **в) сталь**; г) никель.

10. Размер  $X$  для воздушной линии называется:



а) **стрела провеса**; б) габарит линии; в) пролет линии; г) анкерный пролет.

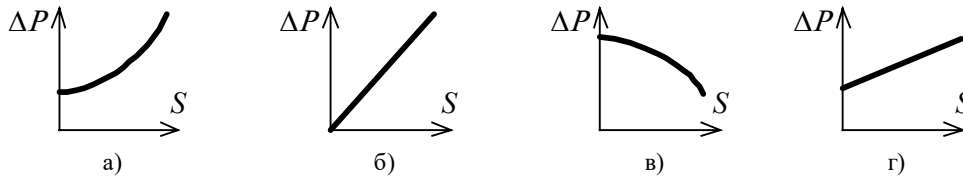
11. Один из наружных слоев кабеля 10(6) кВ из витков стальной ленты называют:

а) защита; б) изоляция; **в) оболочка**; г) броня.

12. Величина сечения проводов электропередачи в большей степени влияет на:

а) активное сопротивление; **б) индуктивное сопротивление**;  
в) емкостную проводимость; г) зарядную мощность.

13. График зависимости потерь активной мощности в трансформаторе от передаваемой полной мощности имеет вид:



14. Расшифруйте аббревиатуру РПН для силового трансформатора:

а) работа под напряжением; **б) регулирование под нагрузкой**;  
в) режим полной нагрузки; г) ремонт произвести невозможно.

15. В соответствии с ГОСТ допустимое отклонение напряжения у потребителей составляет:

а)  $\pm 2\%$ ; б)  $\pm 10\%$ ; **в)  $\pm 5\%$** ; г)  $\pm 20\%$ .

16. Какая величина не является показателем качества электроэнергии:

а) отклонение частоты; б) несинусоидальность формы кривой напряжения;  
**в) коэффициент мощности**; г) несимметрия 3-х фазной системы напряжения.

17. Какие устройства не используют для компенсации реактивной мощности:

а) батареи конденсаторов; **б) разрядники**; в) реакторы; г) синхронные компенсаторы.

18. Что не является следствием компенсации реактивной мощности:

а) снижение активных потерь; **б) повышение  $\cos\phi$** ;  
в) снижение отклонения напряжения; г) снижение потребления активной мощности.

19. Какой аппарат не защищает сеть от перегрузок:

а) автомат с тепловым расцепителем; **б) автомат с электромагнитным расцепителем**;  
в) предохранитель; г) автомат с комбинированным расцепителем.

20. На ВЛ–0,4 кВ используются изоляторы:

а) опорно-стержневые; б) подвесные тарельчатые; в) штыревые; г) проходные.

## Раздел 2. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы

1. Выберите устройство, которое служит для преобразования механической энергии в электрическую:

а) электродвигатель; б) турбина; в) трансформатор; **г) генератор**.

2. Выберите устройство, которое служит для преобразования электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения:

а) электродвигатель; **б) трансформатор**; в) катушка индуктивности; г) генератор.

3. Наибольшая часть электроэнергии в России вырабатывается на электростанциях:

**а) тепловых**; б) атомных; в) гидравлических; г) ветровых.

4. Если  $W_1$  – число витков первичной обмотки, а  $W_2$  – число витков вторичной обмотки, то трансформатор является понижающим, когда:
- а)  $W_1 > W_2$ ;    б)  $W_1 < W_2$ ;    в)  $W_1 + W_2 = 0$ ;    г)  $W_1 = W_2$ .
5. Если  $W_1$  – число витков первичной обмотки, а  $W_2$  – число витков вторичной обмотки, то трансформатор является повышающим, когда:
- а)  $W_1 > W_2$ ;    б)  $W_1 < W_2$ ;    в)  $W_1 + W_2 = 0$ ;    г)  $W_1 = W_2$ .
6. На каком законе основан принцип действия трансформатора:
- а) закон Ома;    б) закон Джоуля-Ленца;  
**в) закон электромагнитной индукции;**    г) закон Кулона.
7. Магнитопровод трансформатора изготавливается из:
- а) алюминия;    б) электротехнической стали;    в) меди;    г) чугуна.
8. Какие потери мощности в силовом трансформаторе зависят от его нагрузки:
- а) потери с сердечнике;    б) потери в обмотках;    в) оба вида зависят;    г) оба вида не зависят.
9. Какие потери мощности в силовом трансформаторе не зависят от его нагрузки:
- а) потери с сердечнике;    б) потери в обмотках;    в) оба вида зависят;    г) оба вида не зависят.
10. Укажите величину, которая определяет индуктивное сопротивление трансформатора:
- а) ток холостого хода;    б) потери холостого хода;  
в) напряжение короткого замыкания;    г) потери короткого замыкания.

### Методические материалы для выполнения курсовой работы:

**Тема:** проектирование электрической сети.

#### 1 Разработка схем развития сети

Схемы электрических сетей должны обеспечить необходимую надежность электроснабжения, требуемое качество энергии у потребителей, удобство и безопасность эксплуатации, возможность дальнейшего развития сети и подключения новых потребителей. В проектной практике для построения рациональной конфигурации сети принимают повариантный метод, при котором для заданного расположения потребителей намечаются несколько вариантов и из них на основе технико-экономического сравнения выбирается лучший. Этот вариант должен обладать необходимой надежностью, экономичностью и гибкостью. Намечаемые варианты не должны быть случайными. Каждый вариант должен иметь ведущую идею построения схемы: на каждом последующем участке поток электроэнергии должен быть направлен от источника. Необходимо руководствоваться следующими положениями при составлении вариантов схемы сети.

1. Передача электроэнергии от источника к потребителям должна производиться по самому короткому пути.
2. Разработку вариантов начинать с наиболее простых схем, требующих для создания сети наименьшего количества линий и электрооборудования подстанций. К числу таких вариантов относятся схемы линий магистрального и замкнутого типов.
3. Наряду с наиболее простыми вариантами следует рассмотреть и варианты схем с увеличенными капиталовложениями на сооружение линий и подстанций, за счет чего достигается большая эксплуатационная гибкость схемы или повышенная надежность электроснабжения. К числу таких относятся смешанные магистрально-радиальные схемы со сложнотампными контурами.
4. К использованию наиболее сложных и дорогих схем сетей следует переходить лишь в тех случаях, когда более простые схемы неудовлетворительны по техническим требованиям и критериям (например, при завышенных сечениях проводов, необходимых по допустимому нагреву; при неприемлемых потерях напряжения и т.п.).
5. В итоге из всех вариантов целесообразно выбрать схемы сети, построенные по двум различным принципам:

- а) в виде схемы с односторонним питанием;
- б) в виде схемы замкнутого (кольцевого) типа.

Эти схемы обладают различными качественными и технико-экономическими показателями, поэтому должны быть внимательно изучены. Лучшая из них определяется по приведенным затратам.

В соответствии с ПУЭ нагрузки I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания (допускается от двух секций шин районных подстанций).

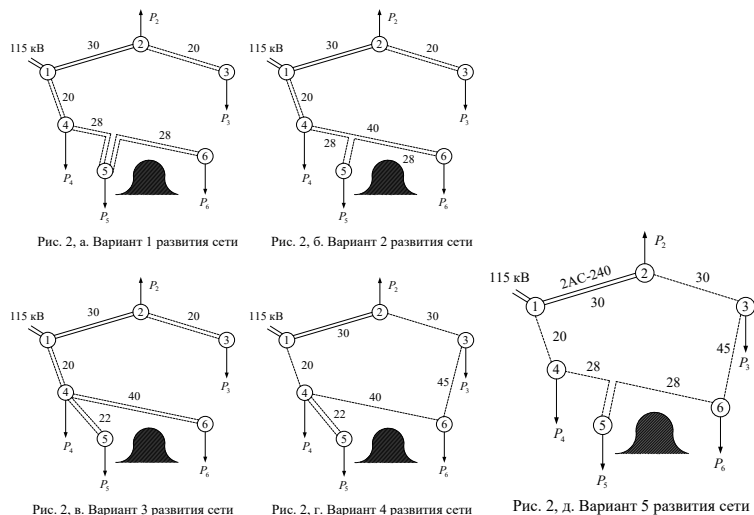
В большинстве случаев двухцепная ЛЭП не удовлетворяет требованиям надежности электроснабжения потребителей I и II категорий, так как при повреждении опор возможен перерыв питания. Для таких потребителей следует предусматривать не менее двух одноцепных линий. Для электроприемников III категории допустимо питание по одной линии при технико-экономическом обосновании такого варианта, то есть при учете ущерба от недоотпуска электроэнергии при перерыве питания.

На основании приведенных выше соображений в проекте решается вопрос о необходимом количестве ЛЭП для каждого потребителя. При этом замкнутая схема приравнивается по надежности к системе электроснабжения по двум одноцепным линиям. Количество присоединяемых к ЛЭП потребителей не ограничивается. Выбранная схема сети

(радиальная, магистральная, замкнутая, смешанная) в значительной степени влияет на схемы подстанций. Поэтому при выборе наиболее целесообразного варианта электроснабжения необходимо учитывать стоимость оборудования распределительных устройств подстанций того же класса напряжения, на котором проектируется электрическая сеть. Для каждого варианта схемы сети нужно наметить и схемы электрических соединений подключенных подстанций. При составлении схемы подстанций руководствуются следующими соображениями. Для каждого потребителя I и II категорий на его подстанции устанавливаются по два понижающих трансформатора с распределительным устройством на высокой стороне. Упрощенные схемы подстанций приведены в [1, рисунок 1.2-1.4].

При разработке вариантов электроснабжения потребителей (рисунок 2) рассмотренного примера проектирования сети, учтены следующие обстоятельства.

Наличие двух существующих линий 110 кВ сечением АС-240 между питающей подстанцией 1 и узлом 2 мощностью 40 МВт однозначно определяет питание нагрузки узла 3 через узел 2 в вариантах разомкнутых сетей.



Суммарный переток мощности по линии 1-2 составляет около 70 МВт с учетом потерь в сети, что соответствует нормальной нагрузке двух линий 110 кВ (от 15 до 45 МВт на одну цепь при длине электропередачи от 80 до 25 км).

Потребитель узла 3 имеет III категории надежности, поэтому на участке 2-3 может рассматриваться сооружение одной или двух цепей. При строительстве одной цепи следует учесть ущерб от недоотпуска электроэнергии при перерыве питания. Решение вопроса о числе линий на участке 2-3 следует принять отдельно и распространить на варианты 2 и 3.

Присоединение потребителей 5 и 6 может быть выполнено различными способами через узел 4. Разомкнутая схема питания (вариант 1) и кольцевая (вариант 2).

В обоих случаях трассы линий вынуждены из-за ограничений по использованию пахотных земель. Сооружение линии 4-5 по прямой от узла 4 до узла 5 сокращает трассу линии на 6 км, но не использует уже созданный коридор линии на участке 4-6.

Вариант 3 предусматривает питание нагрузок узлов 5 и 6 по кратчайшему электрическому пути, но дает проигрыш в длине линий по сравнению с вариантом 1 на 4 км.

Все разомкнутые варианты, в связи с заданной категорией потребителей по надежности, требуют сооружения на всех участках двух параллельных цепей, рассмотрение кольцевых сетей позволяет наметить сооружение одной цепи на большинстве трасс. Следует сразу оговорить, что это решение не окончательное и должно быть проверено по условиям возможных отключений линий. Таким образом, к дальнейшему рассмотрению предложены все 5 вариантов развития сети.

## 2 Расчет потоков распределения в сети

В сетях с односторонним питанием потораспределение рассчитывается следующим образом. Последовательно, начиная от самых отдаленных потребителей, складываем мощности узлов, встречающихся при приближении к источнику. Таким образом, получаем потоки мощности на всех радиальных участках сети.

В случае сети замкнутого типа, потоки необходимо рассчитывать, используя правило «моментов», представив сеть замкнутого типа в виде сети с двухсторонним питанием. При этом мощность каждого источника такой сети определяется по формуле:

$$P_K = \frac{\sum(P_i \cdot l_i)}{l_{12}}, \quad Q_K = \frac{\sum(Q_i \cdot l_i)}{l_{12}}, \quad (2.1)$$

где  $P_K, Q_K$  - соответственно, определяемые активная и реактивная мощности источников;  $P_i, Q_i$  - активная и реактивная составляющие в узлах потребителей;  $l_i$  - расстояние противоположенного источника до данного потребителя;  $l_{12}$  - общее расстояние между источниками.

На остальных участках мощность определяется по закону Кирхгофа.

Если в кольце имеются участки с двумя и более параллельными цепями, то необходимо эти участки привести к эквивалентным длинам:

$$\ell_{ЭКВ} = \ell/n,$$

где  $\ell$  - длина линии, км;  $n$  - число параллельных ветвей.

### 3 Выбор номинального напряжения сети

Напряжение зависит от нескольких факторов:

- мощности потребителей;
- удаленности их от источника питания;
- района сооружения сети и класса номинального напряжения существующей сети.

Выбор напряжения определяется экономическими факторами, при увеличении номинального напряжения возрастают капиталовложения в сооружение сети, но за счет снижения потерь электроэнергии уменьшаются эксплуатационные издержки.

В практике проектирования для выбора рационального напряжения используются кривые, данные по пропускной способности и дальности линий электропередачи или эмпирические формулы, в частности, формула Г.А.Илларионова, дающая удовлетворительные результаты для шкалы напряжений от 35 до 1150 кВ:

$$U_{НОМ} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{\ell} + \frac{2500}{P}}}, \quad (3.1)$$

где  $\ell$  - длина линии на рассматриваемом участке;  $P$  - переток мощности на рассматриваемом участке.

Учитывая существующую ЛЭП 110 кВ, перетоки мощности по участкам ( $P$ ) и длины линий ( $\ell$ ) для всех рассматриваемых вариантов (рисунок 2) выбран класс номинального напряжения 110 кВ.

### 4 Выбор сечений линий электропередачи

Выбор сечений проводов воздушных линий электропередачи 35-500 кВ можно выполнить по экономическим интервалам и по экономической плотности тока. Более подробно рассмотрим выбор сечений по экономическим интервалам.

#### 4.1 Экономические интервалы сечений

Экономические интервалы для различных стандартных сечений определенного класса напряжения получены при построении зависимости приведенных затрат в сооружение 1 км линии от тока. Вид зависимостей показан на рисунке 3.

Сечение  $F_1, F_2, \dots, F_n$  - стандартные сечения для класса номинального напряжения  $U_{НОМ}$ .

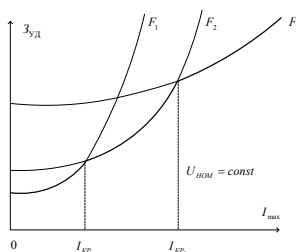


Рис. 3. Экономические интервалы сечений

Экономические интервалы однозначно определяют сечение воздушной линии в зависимости от тока максимального нормального режима  $I_{\max}$ . Если ток в линии лежит в интервале от 0 до  $I_{KP}$  - наиболее экономично сечение  $F_1$ , при токе от  $I_{KP1}$  до  $I_{KP2}$  - сечение  $F_2$  и т.д. Здесь под  $I_{\max}$  понимается ток в одной цепи линии.

#### 4.2 Проверка сечений по допустимому току

Выбранные сечения существующих и проектируемых линий электропередачи проверяются из условий наиболее тяжелого аварийного режима для каждой линии по допустимому току  $[I]$ , где под допустимым понимается ток, при длительном протекании которого проводник сохраняет свои электрические и механические свойства, а изоляция - термическую стойкость.

Условия проверки  $I_{ав} < [I]$ , допустимые токи для сечений воздушных линий приведены в [1, таблица 1.13], где  $I_{ав}$  - максимальных ток по линии в наиболее тяжелом для данной линии аварийном режиме.

#### 4.3 Расчет токораспределения в сети

Для выбора сечений необходимо определить токи в сети. При этом расчет токов в кольце выполняется одновременно с выбором сечений. При несопадении заданного числа параллельных цепей в кольце с выбранным - токи следует пересчитать заново с выбранным числом параллельных линий и уточнить выбор сечений.

Определение токораспределения в сети показано на примере расчета варианта 2. Нагрузочные токи сети определяются по соотношению:

$$I = \frac{P}{\cos \varphi \cdot U_H \cdot \sqrt{3}}. \quad (4.1)$$

Токи нагрузок узлов в рассматриваемом примере:

$$I_2 = 40 / (0,9 \cdot 110 \cdot 1,73) = 0,234 \text{ кА};$$

$$I_3 = 20 / (0,9 \cdot 110 \cdot 1,73) = 0,117 \text{ кА};$$

$$I_4 = 40 / (0,9 \cdot 110 \cdot 1,73) = 0,234 \text{ кА};$$

$$I_5 = 20 / (0,9 \cdot 110 \cdot 1,73) = 0,117 \text{ кА};$$

$$I_6 = 35 / (0,9 \cdot 110 \cdot 1,73) = 0,204 \text{ кА}.$$

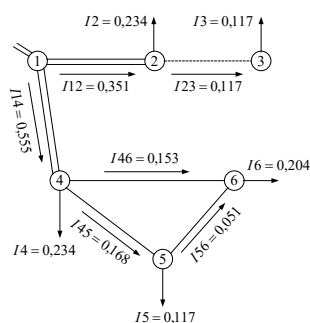


Рис. 4. Токораспределение в сети (токи указаны в кА)

Теперь токи на участках сети (см. рисунок 4) в соответствии с 1 законом Кирхгофа для узла 3 находится как:

$$I_{23} = I_3 = 0,117 \text{ кА};$$

$$I_{12} = I_{23} + I_2 = 0,234 + 0,117 = 0,351 \text{ кА}.$$

Для кольца 4-5-6-4 узел 4 является балансирующим, ток на головном участке 4-5,  $I_{\Gamma} = I_{45}$ . При расчете  $I_{\Gamma}$  первоначально зададим сооружение на всех участках по одной ЛЭП, тогда:

$$I_{45} = I_{\Gamma} = \frac{I_5(\ell_{56} + \ell_{64}) + I_6 \ell_{64}}{\ell_{45} + \ell_{56} + \ell_{64}} = \frac{0,117 \cdot 68 + 0,204 \cdot 40}{96} = 0,168 \text{ кА};$$

$$I_{56} = I_{45} - I_5 = 0,168 - 0,117 = 0,051 \text{ кА};$$

$$I_{46} = I_6 - I_{56} = 0,204 - 0,051 = 0,153 \text{ кА};$$

$$I_{1-4} = I_{46} + I_{45} + I_4 = 0,555 \text{ кА}.$$

#### 4.4 Выбор сечений линий электропередач

Подробно выбор сечений приведен для варианта 2. Для выбора используются экономические интервалы для ОЭС Казахстана и Средней Азии [1, таблица 1.1]. Учитывая, что проектирование ведется на Урале (район по гололеду II), выбраны стальные опоры для линий 110 кВ.

Участок 2-3. При токе  $I_{23} = 0,117$  кА, с учетом необходимости двух параллельных цепей на участке 2-3, ток на одну цепь  $I_{\Pi} = I_{23} / 2 = 0,0585$  кА. Ближайший критический ток [1, таблица 1.13]  $I_{кр} = 0,117$  кА соответствует сечению 70 мм<sup>2</sup>, таким образом, на участке 2-3 выбираются две одноцепные линии АС-70.

Проверка сечения из условий аварийного режима производится при обрыве одной из 2 цепей,  $I_{ав23} = 0,117$  кА, допустимый ток по нагреву для сечения  $70 \text{ мм}^2$  составляет  $265 \text{ А}$  [1, табл. 1.13]. Таким образом,  $I_{ав23} < I_{ДОП}$  и проверка дает удовлетворительный результат.

Учитывая, что в узле 3 потребитель III категории по надежности, возможно сооружение на участке 2-3 одной линии;  $I_{23} = 0,117$  кА - выбирается сечение АС-120. Допустимый ток для сечения  $390 \text{ А}$ .

Участок 1-2. Существующая линия 1-2 сечением 2АС-240 проверяется по допустимому току из условий максимального длительного режима (обрыв одной из параллельных цепей). Допустимый ток для сечения  $610 \text{ А}$ .

Максимальный ток по сечению возникает при обрыве одной цепи  $I_{ав12} = 351 \text{ А}$ , то есть  $I_{ав12} < I_{ДОП}$ , результаты проверки удовлетворительны.

Кольцо 4-5-6-4. Выбор сечений производится аналогично выбору в разомкнутой сети: участок 4-5, ток  $I_{45} = 168 \text{ А}$ , сечение АС-120; участок 5-6,  $I_{56} = 51 \text{ А}$ , сечение АС-70; участок 6-4, ток  $I_{64} = 153 \text{ А}$ , сечение АС-120.

Проверка из условий аварийных режимов выполняется отдельно для каждой линии. Максимальный ток по участку 4-5 возникает при обрыве линии 6-4:

$$I_{\max_{45}} = I_5 + I_6 = 0,321 \text{ кА} < I_{ДОП} = 390 \text{ А};$$

$$I_{\max_{46}} = I_5 + I_6 (\text{обрыв 4-5}) = 0,321 \text{ кА} < I_{ДОП} = 390 \text{ А};$$

$$I_{\max_{56}} = I_6 (\text{обрыв 4-6}) = 0,204 \text{ кА} < I_{ДОП} = 265 \text{ А}.$$

Таким образом, в кольце выбраны и проверены сечения из условий нагрева.

Участок 1-4. По условию надежности требуется две параллельные линии,  $I_{14} = 0,555$  кА, ток на одну цепь  $I_{Ц} = 0,278$  кА. Выбраны две одноцепные линии АС-240;  $I_{ав14}$  (обрыв одной цепи) составляет  $555 \text{ А} < I_{ДОП} = 610 \text{ А}$ .

Результаты расчета сведены в таблицу 1:

Т а б л и ц а 1 - Выбор сечений проводников (вариант 1)

Линия	Вид	Ток участка, А	Сечение	Число цепей	Вид аварии	$I_{ав}$ , А	$I_{ДОП}$ , А
2-3 (а)	проект	117	АС-70	2	обрыв 1 цепи	117	265
2-3 (б)	проект	117	АС-120	1	-	-	-
1-2	сущест	351	АС-240	2	обрыв 1 цепи	351	610
4-5	проект	168	АС-120	1	обрыв 4-6	321	390
5-6	проект	51	АС-70	1	обрыв 4-6	204	265
4-6	проект	153	АС-120	1	обрыв 4-5	321	390
1-4	проект	555	АС-240	2	обрыв 1 цепи	555	610

Выбор сечений ЛЭП остальных вариантов проводится аналогично, поэтому результат выбора сведем в таблицы:

Т а б л и ц а 2 - Выбор сечений проводников (вариант 2)

Линия	Вид	Ток участка, А	Сечение	Число цепей	Вид аварии	$I_{ав}$ , А	$I_{ДОП}$ , А
2-3 (а)	проект	117	АС-70	2	обрыв 1 цепи	117	265
2-3 (б)	проект	117	АС-120	1	-	-	-
1-2	сущест	351	АС-240	2	обрыв 1 цепи	351	610
5-6	проект	204	АС-120	2	обрыв 1 цепи	204	390
4-5	проект	321	АС-120	2	обрыв 1 цепи	321	390
4-1	проект	555	АС-240	2	обрыв 1 цепи	555	610

Т а б л и ц а 3 - Выбор сечений проводников (вариант 3)

Линия	Вид	Ток участка, А	Сечение	Число цепей	Вид аварии	$I_{ab}, А$	$I_{доп}, А$
2-3 (а)	проект	117	АС-70	2	обрыв 1 цепи	117	265
2-3 (б)	проект	117	АС-120	1	-	-	-
1-2	сущест	351	АС-240	2	обрыв 1 цепи	351	610
4-5	проект	117	АС-70	2	обрыв 1 цепи	117	265
4-6	проект	204	АС-120	2	обрыв 1 цепи	204	390
4-1	проект	555	АС-240	2	обрыв 1 цепи	555	610

Т а б л и ц а 4 - Выбор сечений проводников (вариант 4)

Линия	Вид	Ток участка, А	Сечение	Число цепей	Вид аварии	$I_{ab}, А$	$I_{доп}, А$
1-2 (а)	сущест	398	АС-240	2	обрыв 1 цепи	357	610
2-3 (б)	проект	164	АС-120	1	обрыв 4-6	321	390
3-6	проект	47	АС-70	1	обрыв 4-6	204	265
4-6	проект	157	АС-120	1	обрыв 2-3	321	390
1-4	проект	508	АС-240	2	обрыв 1 цепи	472	610
4-5	проект	117	АС-70	2	обрыв 1 цепи	117	265

Т а б л и ц а 5 - Выбор сечений проводников (вариант 5)

Линия	Вид	Ток участка, А	Сечение	Число цепей	Вид аварии	$I_{ab}, А$	$I_{доп}, А$
1-2 (а)	сущест	438	АС-240	2	обрыв 1 цепи	397	610
2-3 (б)	проект	204	АС-240	1	обрыв 4-5	438	610
3-6	проект	87	АС-120	1	обрыв 4-5	321	390
5-6	проект	117	АС-120	1	обрыв 2-3	321	390
4-5	проект	234	АС-240	1	обрыв 2-3	438	610
1-4	проект	468	АС-240	2	обрыв 1 цепи	438	610

При расчете курсового проекта выбор сечений ЛЭП необходимо показывать поэтапно для каждого варианта.

Как видно из анализа выбора сечений и проверки их из условий наиболее тяжелого режима, по условию надежности сечения в усилении не нуждаются.

## 5 Выбор трансформаторов на понижающих подстанциях

Условия выбора:

$$1) U_{н.вн} \geq U_{уст}; \quad (5.1)$$

$$2) U_{н.нн} \geq U_{уст}; \quad (5.2)$$

$$3) S_{н.т} \geq S_{\phi.т} = 0,7 \cdot S_{\max}. \quad (5.3)$$

Выбор количества трансформаторов (автотрансформаторов) зависит от требований к надежности электроснабжения потребителей и является технико-экономической задачей.

В практике проектирования на подстанциях всех категорий предусматривается, как правило, установка двух трансформаторов (автотрансформаторов). Установка одного трансформатора рекомендуется только в случае питания потребителей III категории при наличии в сетевом районе передвижной резервной подстанции, обеспечивающей замену трансформатора в течение суток.

Мощность трансформатора в нормальных условиях должна обеспечить питание электрической энергией всех потребителей, подключенных к данной подстанции. Кроме того, нужно учитывать необходимость обеспечения энергией потребителей I и II категорий в случае аварии с одним из трансформаторов и его отключения. Поэтому, если подстанция питает потребителей таких категорий, на ней должны быть установлены трансформаторы такой мощности, при которой обеспечивалось бы питание одним трансформатором потребителей I и II категорий с допустимой перегрузкой до 40%, на время не более 6 часов, в течение 5 суток, при коэффициенте заполнения суточного графика 0,75. Следует учитывать, что при аварии с одним из трансформаторов допускается отключение потребителей III



категории. Показанному режиму работы трансформаторов его мощность может быть определена ориентировочно по выражению:

$$S_{HT} \geq \frac{S_{HB}}{k_{ав}(n-1)}, \quad (5.4)$$

где  $S_{HB}$  - наибольшая нагрузка подстанции,  $k_{ав} = 1,4$  - коэффициент допустимой перегрузки,  $n$  - число трансформаторов на подстанции.

Типы, мощности и число понижающих трансформаторов на подстанциях во всех вариантах одинаковы, так как не зависят от схемы сети 110 кВ [1, таблица 1.30].

Выбор трансформаторов показан в таблице 6:

Т а б л и ц а 6 - Выбор понижающих трансформаторов

№ узла	Мощность нагрузки		S/1,4, МВ·А	Тип и число трансформаторов
	P, МВт	S, МВт		
2	40	44,4	31,8	2ТРДН-40000/110
3а	20	22,2	15,9	2ТДН-16000/110
3б	20	22,2	-	ТРДН-25000/110
4	40	44,4	31,8	2ТРДН-40000/110
5	20	22,2	15,9	2ТДН- 16000/1 10
6	35	38,9	27,8	2ТРДН-40000/110

## 6 Выбор схем подстанций

Выбор схем электрических соединений распределительных устройств подстанций выполняется на стороне высшего напряжения и на стороне низшего напряжения подстанций, но схемы на стороне низшего напряжения подстанций не зависят от варианта развития электрической сети.

Одним из наиболее дорогостоящего оборудования распределительных устройств являются высоковольтные выключатели, и поэтому выбор схем распределительных устройств выполняется только с целью определения числа их ячеек [1, рисунок 1.3, таблица 1.45].

В таблице 7 показано определение ячеек выключателей 110 кВ для варианта 2 электрической сети рассматриваемого примера. При этом необходимо учитывать, что в узле 1, связанном с энергосистемой, РУ должно быть на порядок надежнее.

Т а б л и ц а 7 -Определение числа ячеек выключателей 110 кВ (вариант 2)

№ узла	Число присоединений		Схема распределительного устройства 110 кВ	Число ячеек выключателей 110 кВ
	линий	трансформаторов		
1	4	2	Две рабочие и обходная системы шин	8
2а	4	2	Одна секционированная система шин с обходной	8

2б	3	2	Одна секционированная система шин с обходной	7
3а	2	2	Два блока с неавтоматической переемычкой	2
3б	1	1	Блочная	1
4	4	2	Одна секционированная система шин с обходной	8
5	2	2	Мостик с неавтоматической переемычкой	3
6	2	2	Мостик с неавтоматической переемычкой	3
ИТОГО:		32 (вариант 2а)	30 (вариант 2б)	

Определение числа ячеек выключателей 110 кВ для остальных сравниваемых вариантов выполнено аналогично.

Выбор схем распределительных устройств на стороне низкого напряжения зависит от количества трансформаторов и их типа. Схемы распределительных устройств на стороне низкого напряжения для всех вариантов будут одинаковы.

#### Индивидуальные задания на курсовую работу

Курсовая работа считается выполненной, если произведены и сведены в пояснительную записку все необходимые расчеты, а также выполнена графическая часть.

Пояснительная записка должна включать в себя следующие расчеты.

1. Разработка вариантов развития сети.
2. Расчет потокораспределения в каждом из выбранных вариантов по длинам и нагрузкам узлов.
3. Выбор номинального напряжения сети.
4. Выбор сечений линий электропередачи на участках сети.
5. Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом категорий надежности потребителей данного района.
6. Выбор схем подстанций на высоком и низком напряжениях.

Варианты заданий приведены в таблице 16, исходная схема расположения узлов сети - на рисунке 9.

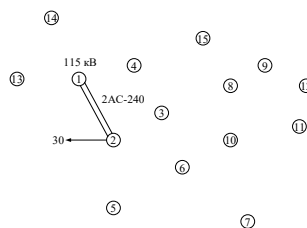


Рис. 9. Исходная схема развития сети

Дополнительные данные к курсовой работе:

- $\cos \varphi = 0,9$  для всех нагрузок;
- потребители узла с наименьшей нагрузкой III категории надежности, состав потребителей по надежности в остальных узлах одинаков (I категории - 30%; II категории - 30%; III категории - 40%, т.е. в остальных узлах в любом случае будут потребители I категории);
- номинальное напряжение потребителей 10 кВ;
- $T_{\max}$  нагрузок 4500 часов;
- район проектирования - Урал;
- масштаб: 1 см - 10 км.

Т а б л и ц а 16 - Варианты задания на курсовую работу

№ вар.	Мощность нагрузок, МВт												
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	15	20	20	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	30	35	35	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
3	20	10	45	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
4	25	15	10	-	-	-	-	-	-	-	45	-	-
5	20	15	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
6	40	40	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

7	30	35	-	-	-	-	-	-	-	-	10	25	-
8	60	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20
9	40	15	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	10
10	10	20	45	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п\п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Электроэнергетические системы и сети</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Электроэнергетические системы и сети</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

#### Основная литература:

1. Шведов, Г. В. Городские распределительные электрические сети [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г. В. Шведов. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2011. – 108с.

#### Дополнительная литература:

1. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети [Текст] : учеб. пособие / А. В. Лыкин. – М.: Университетская книга; Логос., 2008. – 254с. – ISBN 978-5-98704-055-8.

2. Справочник по проектированию электрических сетей [Электронный ресурс] / ред.: Д. Л. Файбисович. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: ЭНАС, 2012. – 376с.

Правила устройства электроустановок / М-воэнергетики РФ. - 6-е изд., доп. с испр. - М. : ЗАО "Энергосервис", 2000. - 608с.

3. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Взамен ГОСТ 13109-87; Введен 01.01.99 – М.: Изд-востандартов, - 1999. – 57с.
4. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение) На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

## ДИСЦИПЛИНА 12. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ (17 ЧАСОВ)

### Цель освоения дисциплины:

- формирование у обучающихся профессиональных знаний и умений в области электромагнитной совместимости в электроэнергетике.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

#### Слушатель должен знать:

основы теории, методы и организацию технической эксплуатации электротехнического оборудования, а также способы оценки технического состояния объектов электроэнергетики

#### Слушатель должен уметь:

оценивать надёжность, техническое состояние и уровень помехозащищённости электротехнического оборудования и объектов электроэнергетики.

#### Слушатель должен владеть:

навыками диагностики и расчета режимов работы технических средств с точки зрения их электромагнитной совместимости.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Электромагнитные помехи 2. Качество электроэнергии	<p><b>Раздел 1</b> Определение помехи согласно ГОСТ 30372-95. Источники помех на электрических станциях и подстанциях. Классификация электромагнитных помех. Противофазные и синфазные помехи. Способы описания и основные параметры помех. Каналы передачи помех и методы уменьшения помех.</p> <p><b>Раздел 2. Качество электроэнергии.</b> Нормы качества электроэнергии согласно ГОСТ 13109-97. Отклонения напряжения. Влияние отклонений на потребителя. Колебания напряжения и их влияние на потребителей. Провал напряжения и его влияние на потребителя. Импульс напряжения. Контроль качества электроэнергии согласно ГОСТ Р 51317.4.30-2008. Показатели качества электроэнергии (ПКЭ). Проблема комплексного определения ПКЭ. Приборы для определения показателей качества электроэнергии.</p> <p>4 часа</p>	Практическое занятие «Качество электроэнергии». 2 часа	Не предусмотрено	<p>Мероприятия по снижению помех. Пассивные помехоподавляющие устройства. Фильтры. Ограничители перенапряжения. Экраны. Фильтрация помех. Классификация электрических фильтров. Параметры и характеристики фильтров. Схемы фильтров. Сетевые помехоподавляющие фильтры. Ограничители перенапряжений. Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Элементы УЗИП. Ограничение перенапряжений с помощью нелинейного сопротивления. Разрядники. Варисторы. Полупроводниковые ограничители. Комбинированные устройства ограничения перенапряжений. Зонная концепция защиты приемников электроэнергии от перенапряжений. Классификация УЗИП по группам. Деление электропроводки по категориям.</p> <p>10 часов</p>	Не предусмотрено

### Оценка качества освоения дисциплины

#### Раздел 1 Электромагнитные помехи

1.1. Электромагнитная совместимость оборудования

- а) Совместимость по напряжению питания
- б) Совместимость по частоте питающего тока
- в) **Отсутствие взаимного влияния оборудования**

- г) Нормальная работа при помехах  
д) Совместимость по числу фаз сети
- 1.2. Техническое средство
- а) **Оборудование, использующее ЭМ явления**  
б) Оборудование для технических нужд  
в) Оборудование промышленного назначения  
г) Любое механическое оборудование  
д) Только радиооборудование
- 1.3. Электромагнитная помеха
- а) Особый вид электромагнитного поля  
б) Нарушение нормальной работы оборудования  
в) Только электромагнитное поле  
г) Только напряжение и ток  
д) **Любое электромагнитное явление, нарушающее работу оборудования**
- 1.4. Рецептор помех
- а) Синхронный генератор  
б) Асинхронный двигатель  
в) **Любое оборудование, восприимчивое к помехам**  
г) Особая антенна  
д) Специальный измеритель помех
- 1.5 Классификация помех по проявлению во времени.
- а) Симметричные и несимметричные  
б) **Импульсные и непрерывные**  
в) Синусоидальные и несинусоидальные  
г) Блокирующие и интермодуляционные  
д) Узкополосные и широкополосные
- 1.6 Симметричная помеха
- а) Симметричная относительно оси времени  
б) Действующая между проводами  
в) **Симметричная по форме**  
г) Синусоидальная  
д) Гармоническая
- 1.7 Несимметричная помеха
- а) Несимметричная относительно оси времени  
б) Действующая на проводах относительно земли  
в) **Несимметричная по форме**  
г) Несинусоидальная  
д) Аперриодическая
- 1.8 Параметры импульсных помех
- а) Амплитуда и частота  
б) **Амплитуда и фаза**  
в) Амплитуда, длительность, фронт  
г) Действующее значение напряжения и тока  
д) Период, частота и фаза
- 1.9 Параметры непрерывных помех
- а) Амплитуда, частота, фаза  
б) Период, длительность, скорость изменения  
в) Амплитуда, длительность, фронт  
г) Амплитудно-частотный спектр  
д) Период, частота и фаза
- 1.10 Базовая величина для определения напряжения помех в децибелах.
- а) 1 В  
б) 1 мВ  
в) **1,42 В**  
г) 1 мкВ  
д) 1 мВт
- 1.11 Условия обеспечения ЭМС
- а) Уровень помех выше уровня помехоустойчивости  
б) Уровень помех ниже уровня помехоустойчивости  
в) **Соответствие оборудования стандартам по электробезопасности**  
г) Использование общей сети электропитания  
д) Применение специальных кабелей
- 1.12 Цель применения средств помехозащиты
- а) Повышение помехозащищенности  
б) Повышение восприимчивости

- в) Подавление помех в источнике
- г) Снижение частоты помех
- д) Уменьшение длительности фронта помех

1.13 Цель применения средств подавления помех.

- а) Уменьшение длительности фронта помех
- б) Увеличение частоты помех
- в) Снижение уровня создаваемых помех
- г) Повышение помехоустойчивости оборудования
- д) Преобразование несимметричных помех в симметричные

1.14 Наиболее эффективный этап для обеспечения ЭМС в процессе создания нового оборудования

- а) Монтаж оборудования на судне
- б) Изготовление опытного образца
- в) Эскизное проектирование
- г) Разработка технического задания
- д) Изготовление опытного образца

### Методические материалы для проведения практических занятий:

#### Семинар на тему «Качество электроэнергии»

Вопросы для обсуждения на семинаре:

- 1) Фильтрация помех.
- 2) Классификация электрических фильтров.
- 3) Параметры и характеристики фильтров.
- 4) Схемы фильтров.
- 5) Сетевые помехоподавляющие фильтры.
- 6) Ограничители перенапряжений.
- 7) Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП).
- 8) Элементы УЗИП.
- 9) Ограничение перенапряжений с помощью нелинейного сопротивления.
- 10) Разрядники. Варисторы. Полупроводниковые ограничители.
- 11) Комбинированные устройства ограничения перенапряжений.
- 12) Показатели качества электроэнергии

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	<b>Электромагнитная совместимость</b> (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSPProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Электромагнитная совместимость</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

			– Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	
--	--	--	---	--

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Основная литература**

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ф. Шаталов, И.Н. Воротников, М.А. Мастепаненко и др. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 64 с. - ISBN 978-5-9596-1058-6.

**Дополнительная литература**

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебник / А.Г. Овсянников, Р.К. Борисов. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 196 с. - (Учебники НГТУ). . ISBN 978-5-7782-2199-4.

2. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И.В. Жежеленко, М.А. Короткевич. – Минск: Выш. шк., 2012. – 197 с.: ил. - ISBN 978-985-06-2184-9.

3. Вагин, Г. Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений / Г. Я. Вагин, А. Б. Лоскутов, А. А. Севостьянов.- 2-е изд., испр.. - Москва : Академия, 2011. - 224 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-8034-5.

**Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.



## ДИСЦИПЛИНА 13. ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (19 ЧАСОВ)

### Цели и задачи освоения дисциплины

#### Цель освоения дисциплины:

- формирование профессиональных знаний и умений в области организации энергетического производства

#### Задачи:

- познакомить с теоретическими основами функционирования предприятий в условиях рыночной экономики;
- изучить теорию и методику оценки эффективности использования ресурсов предприятия; механизм формирования финансовых результатов деятельности предприятия;
- научить проводить технико-экономические расчеты по основным показателям эффективности использования ресурсов предприятий, рассчитывать критерии экономической эффективности инвестиционных проектов.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Предприятие электроэнергетики в системе национальной экономики 2. Основные фонды предприятий электроэнергетики 3. Оборотные средства предприятия 4. Персонал предприятия. Оплата труда на предприятиях электроэнергетики	Предприятие - основное звено экономики. Краткая характеристика и классификация. Структура предприятия. Организационная структура управления предприятием. Сущность, состав и структура основных фондов. Износ и амортизация основных фондов. Учет и оценка основных фондов. Показатели использования основных фондов. Состав и структура оборотных средств. Кругооборот оборотных средств. Нормирование оборотных средств. Показатели эффективности использования оборотных средств. 6 часов	Практическое занятие №1 Персонал предприятия. Производительность труда и организация оплаты труда. Решение задач по расчету оплаты труда. 2 часа	Не предусмотрено	Издержки производства и себестоимость продукции электроэнергетики. Цены и ценообразование. Прибыль и рентабельность предприятия. Налоги и налогообложение на предприятии Инвестиционная деятельность предприятия. 10 часов	Не предусмотрено

### Оценка качества освоения дисциплины

#### 1. Предприятие электроэнергетики в системе национальной экономики

##### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

1.1 Самостоятельная система, включающая в себя хозяйственные, организационные, социальные и научно-технические аспекты:

- а) национальная экономика
- б) национальная статистика
- в) национальное достояние

##### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

1.2 Один из формальных показателей, характеризующий уровень развития и эффективность функционирования этой системы:

- а) степень экономического роста
- б) степень финансового риска
- в) степень риска для отечественных инвестиций

##### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

1.3 Производственная деятельность предприятия заключается в:

- а) **производстве продукции на рынок**
- б) посредничество при внедрении товаров на рынок
- в) оказание консультационных услуг

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.4 Коммерческая деятельность предприятия заключается в:

- а) **продаже продукции**
- б) в организации нового производственного процесса на самом предприятии
- в) оказания консультационных услуг

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.5 Разделение труда характеризуется:

- а) обособлением предметов труда от средств труда;
- б) **обособлением различных видов трудовой деятельности;**
- в) отделением работника от средств производства;
- г) обособлением половозрастных групп работников.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.6 Основанием для отнесения предприятий к конкретной отрасли согласно традиционному подходу являются:

- а) назначение продукции, умение разделять покупателей на группы в соответствии с их эластичностью спроса на производимые товары и услуг;
- б) однородность применяемого сырья, общность технической базы;
- в) рыночные характеристики производимых товаров и услуг, конкурентное взаимодействие предприятий;
- г) **назначение продукции, общность технической базы, схожесть технологических процессов производства.**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.7 В составе промышленности выделяют следующие МОК:

- а) топливно-энергетический, машиностроительный, металлургический, производственный;
- б) **топливно-энергетический, машиностроительный, металлургический, химико-лесной;**
- в) топливно-энергетический, машиностроительный, производственный, непромышленный;
- г) машиностроительный, металлургический, химико-лесной, материально-технический.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.8 Коэффициент опережения характеризует:

- а) удельный вес численности работающих на предприятии (или в отрасли) в общей численности работающих в отрасли (или комплексной отрасли);
- б) удельный вес производства отдельного предприятия (отрасли) в общем объеме производства отрасли (или комплексной отрасли);
- в) удельный вес стоимости основных средств предприятия (или отрасли) в общей стоимости основных средств отрасли (или комплексной отрасли)
- г) **темп роста отдельных предприятий (или отдельной отрасли) по отношению к отрасли в целом (или комплексной отрасли).**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.9 Под инфраструктурой понимают...

- а) состав, количественные соотношения и формы взаимосвязи отраслей, видов производств или предприятий, входящих в состав данной отрасли;
- б) **совокупность определенных групп отраслей, для которых характерны выпуск схожей (родственной) продукции или выполнение определенных народнохозяйственных функций;**
- в) совокупность материальных средств для обеспечения производственных и социально-бытовых потребностей;
- г) удельный вес производства отдельного предприятия (отрасли) в общем объеме производства отрасли (или комплексной отрасли).

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

1.10 Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является наиболее:

- а) материалоемким;
- б) **капиталоемким;**

- в) трудоемким;
- г) металлоемким.

## 2. Основные фонды предприятия электроэнергетики

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.1. В основе деления производственных фондов на "основные" и "оборотные" лежит различие:

- а) в производственных процессах;
- б) в процессе реализации готовой продукции;
- в) в натурально-вещественной форме;
- г) в способах перенесения стоимости на готовый продукт и характере воспроизводства;**
- д) в сроке службы объектов

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.2 К активным ОФ относятся:

- а) здания;
- б) сооружения;
- в) здания и передаточные устройства;
- г) машины и оборудование;**
- д) инвентарь, строения.

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.3 Денежная оценка основных фондов необходима для определения:

- а) производственной мощности;
- б) баланса оборудования и мощности;
- в) себестоимости и амортизации;**
- г) технического состава фондов;
- д) состояния основных фондов по технической производительности оборудования

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.4 Отличие основных фондов (ОФ) от оборотных состоит в том, что:

- а) оборотные средства многократно участвуют в процессе производства;
- б) основные фонды переносят свою стоимость на готовый продукт в течение одного цикла, а оборотные – многих;
- в) возмещение стоимости оборотных средств в реализации продукции происходит сразу, а ОФ – постепенно;**
- г) оборотные средства не изменяют своей натурально-вещественной формы;
- д) ОФ служат меньше одного года.

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.5. Структура основных фондов – это:

- а) удельный вес стоимости основных фондов в стоимости готовой продукции;
- б) удельный вес групп основных фондов в общей стоимости основных фондов;**
- в) удельный вес стоимости основных фондов в себестоимости продукции;
- г) отношение стоимости основных фондов к стоимости активной части основных фондов;
- д) отношение стоимости основных фондов к стоимости пассивной части основных фондов.

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.6 ОФ подразделяются на видовые группы в зависимости от:

- а) принадлежности ОФ;
- б) роли в производственном процессе;
- в) выполнения технологических функций и от роли в процессе производства;**
- г) материального состава фондов;
- д) стоимости ОФ.

### Выбор одного из многих:

Выберите правильный вариант

2.7 Производственные запасы - это:

- а) полуфабрикаты собственной выработки;
- б) незавершенное производство;
- в) материалы, сырье, запасы, топливо;**
- г) готовая продукция отгруженная;

д) готовая продукция на складе.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

2.8 Уровень использования основных производственных фондов характеризуют:

- а) рентабельность, прибыль;
- б) фондоотдача;**
- в) фондовооруженность труда работников;
- г) коэффициент сменности;
- д) производительность труда работников.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

2.9 Амортизация основных фондов - это:

- а) износ основных фондов;
- б) процесс перенесения стоимости основных фондов на себестоимость готовой продукции;**
- в) воспроизводство основных фондов;
- г) затраты на содержание основных фондов.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

2.10 Экстенсивное использование основных производственных фондов характеризуют :

- а) фондоотдача, фондоемкость;**
- б) коэффициент сменности;
- в) фондовооруженность труда работников ;
- г) рентабельность, прибыль;
- д) прибыль предприятия.

### 3.Оборотные средства предприятия

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.1 Оборотные средства предприятия проходят такие стадии:

- а) денежную и товарную;
- б) денежную и реализационную;
- в) товарную, производственную, денежную;**
- г) денежную, реализационную, товарную;

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.2 Коэффициент оборачиваемости оборотных средств характеризует:

- а) среднюю длительность одного обращения;
- б) количество продукции, которое приходится на 1 ден. ед. товарной продукции;
- в) затраты производственных фондов на 1 ден.ед. товарной продукции;
- г) количество оборотов оборотных средств за определенный период.**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.3 Структура оборотных средств – это:

- а) их состав по элементам;
- б) доля каждого элемента в общем объеме оборотных средств;
- в) соотношение между стоимостью оборотных фондов и фондов обращения.**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.4 В состав оборотных средств предприятия не входят(ит)...

- а) производственный и хозяйственный инвентарь**
- б) готовая продукция на складах предприятия
- в) производственные запасы
- г) расходы будущих периодов

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.5 Коэффициент оборачиваемости непосредственно характеризует...

- а) величину выручки, приходящуюся на 1 рубль оборотных средств**

- б) величину оборотных средств, приходящихся на 1 рубль выручки
- в) среднюю длительность одного оборота
- г) величину оборотных средств, приходящихся на 1 рубль прибыли

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.6 Критерием оценки эффективности управления оборотными средствами служит...

- а) сегментация оборотных средств
- б) производительность труда на предприятии
- в) объем произведенной продукции
- г) **длительность одного оборота оборотных средств**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.7 финансирование оборотных средств направляется...

- а) дебиторская задолженность
- б) **кредиторская задолженность**
- в) амортизационные отчисления

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.8 К труднореализуемым активам относятся...

- а) дебиторская задолженность (просроченная)
- б) дебиторская задолженность (просроченная и сомнительная)
- в) запасы (неликвиды)
- г) **все ответы верные**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.9 Функция оборотных средств состоит в платежно-расчетном обслуживании кругооборота материальных ценностей...

- а) только на стадии производства
- б) **на стадиях приобретения, производства и реализации**
- в) только на стадии приобретения
- г) только на стадии реализации

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

3.10 К ненормируемым оборотным средствам относят ...

- а) **незавершенное производства**
- б) производственные запасы
- в) готовую продукцию
- г) дебиторскую задолженность

#### 4. Персонал предприятия. Оплата труда на предприятиях электроэнергетики

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.1 Списочный состав - это:

- а) число работников, которые ежедневно выходят на работу;
- б) число работников, отсутствующих по уважительной причине;
- в) **число работников, состоящих в списках штата предприятия;**
- г) число работников, отсутствующих по причине болезни;
- д) число работников, включая всех пенсионеров предприятия.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.2 Нормы труда должны быть:

- а) неизменными;
- б) постоянно меняться;
- в) **пересматриваться по мере внедрения организационно-технических мероприятий, способствующие повышению производительности живого труда;**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.3 Показателем производительности труда является:

- а) фондоемкость;
- б) материалоемкость;
- в) трудоемкость.**

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.4 Явочный состав - это число работников:

- а) состоящих в списках штата предприятия;
- б) отсутствующих по причине командировки;
- в) которые должны выходить на работу ежедневно;**
- г) отсутствующих по болезни;
- д) находящихся в отпуске.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.5 Рабочие, занятые обслуживанием производственного процесса:

- а) руководители;
- б) технические исполнители;
- в) служащие;
- г) вспомогательные;**
- д) основные.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.6. Какие формы оплаты труда используются:

- а) контрактная и аккордная;
- б) повременная и сдельная;**
- в) повременно-премиальная;
- г) сдельно-премиальная.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.7 Производительность труда - это:

- а) количество продукции, которое выполнил один работник;
- б) количество продукции, которое выполнила бригада;
- в) затраты времени на производство единицы продукции;**
- г) затраты живого труда на производство единицы продукции.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.8 Основная заработная плата - это:

- а) какой-либо заработок, который зависит от результатов труда работника и определяется тарифными ставками, расценками, должностными окладами;**
- б) установленный государством размер заработной платы, ниже которого не может осуществляться оплата за фактически выполненную работу;
- в) какой-либо заработок, который по трудовому договору выплачивается работникам за выполненную работу и оказание услуг.

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.9 В состав фонда заработной платы включается:

- а) оплата за отработанное время;**
- б) оплата за неотработанное время;
- в) единовременные выплаты;
- г) компенсационные выплаты;
- д) все ответы верны

**Выбор одного из многих:**

Выберите правильный вариант

4.10 К повременной форме оплаты труда относится:

- а) аккордная;
- б) непрямая сдельная;
- в) сдельно-премиальная;
- г) ни одна из перечисленных форм.**

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Экономика и организация энергетического производства (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	Экономика и организация энергетического производства (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

1. Экономика предприятия [Электронный ресурс]: учебник / А.С. Паламарчук. — М.: ИНФРА-М, 2018.— 458 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/929666>

2. Грибов В.Д. Экономика предприятия [Электронный ресурс]: учебник. Практикум [Электронный ресурс] / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: Инфра-М, 2015. – 448 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=469851>

3. Туровец О.Г. Организация производства и управление предприятием [Электронный ресурс]: учебник/ О.Г. Туровец, В.Б. Родионов. – НИЦ ИНФРА-М, 2015 – 506 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=472411>

4. Ушаков В.Я. Потенциал энергосбережения и его реализация в секторах конечного потребления энергии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В. Я. Ушаков, П. С. Чубик; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 388 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=701880>

## ДИСЦИПЛИНА 14. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНТАЖ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (19 ЧАСОВ)

**Цель** освоения дисциплины: формирование у обучающихся знаний об организационных и технических мероприятиях рациональной эксплуатации, и передовых промышленных приемов монтажа электрооборудования.

**Задачи:**

- ознакомить с современными тенденциями в области проектирования, монтажа и эксплуатации электроустановок;
- ознакомить с типовыми дефектами электрооборудования и способах их устранения;
- ознакомить с порядком проведения транспортных и такелажных работ;
- ознакомить с порядком сдачи объектов в эксплуатацию;
- ознакомить с порядком монтажа отдельных видов электрооборудования, проведение пуско-наладочных работ и испытаний.
- научить соблюдать правила безопасности при эксплуатации и монтаже электроустановок;
- научить использовать средства защиты, применяемые в электроустановках;
- познакомить с системой технического обслуживания и ремонта электроустановок;
- научить составлять технологические карты ремонта основного электрооборудования;
- научить выполнять монтаж внутрицеховых токоведущих элементов;
- научить выполнять монтаж осветительного оборудования и осветительных сетей

**Содержание дисциплины**

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Организация и подготовка электромонтажного производства 2. Монтаж и эксплуатация цеховых силовых электрических сетей 3. Монтаж и эксплуатация осветительного оборудования и осветительных сетей	Введение. Цель и задачи курса. Общие принципы проведения электромонтажных работ. Характеристика окружающей среды производственных помещений. Система документации. Организация, планирование, подготовка к производству, охрана труда, индустриализация и механизация электромонтажных работ. Пусконаладочные работы и приемка в эксплуатацию. Соединение и оконцевание проводников. Монтаж силового оборудования и распределительных устройств на напряжении до 1 кВ. Монтаж оборудования и электрических сетей во взрывоопасных зонах. Арматура осветительных 6 часов	Практическое занятие №1 Организация и подготовка электромонтажного производства. 2 часа	Не предусмотрено	Способы прокладки осветительной сети. Проводники осветительных сетей. Защитная и коммутационная аппаратура. Монтаж осветительной сети. 10 часов	Не предусмотрено

**Оценка качества освоения дисциплины**

**Тестовые задания**

Тип тестовых заданий: Выбор одного варианта ответа из предложенного множества.

Инструкция студенту: Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Ответить»

**Раздел 1. Организация и подготовка электромонтажного производства**

1.1. Закон Джоуля – Ленца

- $U = J R$ .

+ $Q = J R t$ .

- $R = p L / S$ .

- $Q = J * J R t$

- $Q = J * I R t$



1.2 Какой материал следует применять для искусственных заземлителей.

- +сталь.
- медь.
- латунь.
- алюминий
- чугун
- серебро

1.3 Каким должно быть сопротивление заземляющего устройства для установок напряжением 380 В с глухо – заземляющей нейтралью.

- не более 2 Ом.
- +4 Ом и менее.
- не более 8 Ом.
- не более 4 Ом
- не более 10 Ом

1.4 Как подразделяются электроустановки по уровню питающего напряжения, исходя из условий электробезопасности.

- 12 В и 42 В.
- до 35 кВ и выше 35 кВ.
- +до 1 кВ и выше 1 кВ.
- до 220 В и выше 220 В
- до 380 В и выше 380 В

1.5 Какие работы относятся к работам , выполняемым на высоте.

- +на высоте 1,3 метра и более .
- на высоте 1,2 метра и более.
- на высоте 1,5 метра и более.
- на высоте 1,7 метра и более
- на высоте 2 метра и более
- на высоте 5 метров и более

1.6 Как определяется направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.

- правилом правой руки.
- +правилом левой руки.
- правилом буравчика.
- правилом средней руки

1.7 В каком случае разрешается применять для проверки отсутствия напряжения контрольные лампы.

- разрешается применять при линейном напряжении до 220 В.
- +не разрешается применять
- разрешается применять при фазном напряжении до 220 В.
- разрешается применять при напряжении до 220 В
- не разрешается применять, кроме случаев установленных правилами ПТБ

1.8 Укажите на какой срок разрешается выдавать наряд для работы в электроустановках .

- одни сутки.
- 30 суток.
- +15 суток.
- 5 суток
- 10 суток
- 16 суток
- 20 суток
- 3 суток

1.9 Как устанавливается исправность указателя напряжения при определении отсутствия напряжения в электроустановке.

- сроком годности , обозначенном на указателе напряжения.
- визуальным осмотром.
- +специальным прибором или приближением к токоведущим частям, заведомо находящихся под напряжением.
- ощупыванием
- облизыванием
- обнюхиванием
- специальным прибором или приближением к токоведущим частям, которые могут находится под напряжением

1.10 Разрешается ли ответственному руководителю принимать непосредственное участие в работах по наряду.

- запрещается.
- разрешается в электроустановках напряжением до 1000 В.

- +разрешается если он совмещает обязанности руководителя и производителя.
- разрешается в электроустановках напряжением выше 1000 В
- разрешается, если он совмещает обязанности руководителя и допускающего
- разрешается, если он совмещает обязанности допускающего и производителя

#### 1.11 Первый закон Кирхгофа.

- +алгебраическая сумма токов для любой узловой точки цепи равна нулю.
- ток на участке электрической цепи прямо пропорционален напряжению на концах этого участка и обратно пропорционален сопротивлению.
- в замкнутой цепи сумма ЭДС равна сумме падений напряжения на отдельных сопротивлениях.
- сумма токов сходящихся в узле электрической цепи равна нулю
- алгебраическая сумма ЭДС всех участков электрической цепи равна сумме падений напряжения на всех участках

1.12 К каким относятся помещения, в отношении опасности поражения людей электрическим током, с одним из следующих условий : сырое или содержащее токопроводящую пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам эл. оборудования и металлоконструкциям с землей.

- +с повышенной опасностью.
- особо опасное.
- без повышенной опасности.
- очень опасное
- безопасное

1.13 На какое напряжение применяют электрифицированный инструмент в помещениях с особой опасностью поражения людей электрическим током.

- +12 вольт.
- 36 вольт.
- 50 вольт.
- 48 вольт
- 9 вольт
- 6 вольт
- 110 вольт

1.14 Какие обязанности ответственных за безопасность работ в электроустановках , допускается совмещать одному человеку.

- +производитель работ, допускающий.
- производитель работ, наблюдающий.
- производитель работ, член бригады.
- производитель работ, наблюдающий

1.15 Переносное заземление можно присоединять к заземлителю погруженному в грунт не менее чем на :

- 1 метр.
- +0,5 метра.
- 0,75 метра.
- 0,25 метра
- 0,65 метра
- 0,8 метра
- 0,85 метра
- 0,9 метра
- 0,95 метра

## Раздел 2. Монтаж цеховых силовых электрических сетей

2.1 На какое максимальное напряжение выпускают изолирующие клещи.

- до 1 кВ включительно.
- до 10 кВ включительно.
- +до 35 кВ включительно.
- до 110 кВ включительно
- до 220 кВ включительно
- до 500 кВ включительно

2.2 Укажите периодичность электрических испытаний диэлектрических ковриков во время эксплуатации.

- 1 раз в год
- 1 раз в 6 месяцев.
- +Не проводится.
- 1 раз в 3 месяца
- 1 раз в 6 месяцев
- 1 раз в 2 года
- 1 раз в 3 года

2.3 На какой срок выдаются ответственному руководителю работ ключи от распределительных устройств, обслуживаемых постоянным оперативным персоналом.

-На время производства работ.

-На срок не более 5 дней.

+На время производства работ с ежедневным возвратом оперативному персоналу.

-На срок не более 10 дней

-На срок не более 3 дней

2.4 Каким правилом определяется направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле .

-Правилom правой руки.

-Правилom винта.

+Правилom левой руки.

2.5 Что понимается под защитным занулением электроустановок.

+Присоединение металлических нетоковедущих частей электрооборудования к неоднородно заземленному нулевому проводу электрической сети.

-Наличие в питающей сети 4-го провода нулевого.

-Присоединение нулевого провода к корпусу электрооборудования.

-Присоединение металлических нетоковедущих частей электрооборудования к однородно заземленному нулевому проводу электрической сети.

-Присоединение металлических нетоковедущих частей электрооборудования к неоднородно заземленному проводу электрической сети.

2.6 Должны ли заземляться корпуса грузоподъемных машин.

-Должны.

+Должны, за исключением машин на гусеничном ходу.

-не должны.

2.7 Что применяется для проверки отсутствия напряжения в электроустановках до 1000 вольт.

-Контрольные лампы.

-Измерительные приборы.

+Указатели напряжения.

2.8 Какой персонал допускается к работе с электроинструментом класса I в помещении с повышенной опасностью поражения электротоком и вне помещений.

-с группой I.

-с группой не ниже III .

+с группой не ниже II.

-с группой не ниже IV

-с группой не ниже V

2.9 Какие работы относятся к верхолазным работам.

+на высоте более 5 метров.

-на высоте более 3 метров.

-на высоте более 10 метров.

-на высоте более 4 метров

-на высоте более 6 метров

-на высоте более 7 метров

-на высоте более 8 метров

-на высоте более 9 метров

- на высоте более 1, 3 метра

2.10 Каким напряжением испытывается силовой кабель напряжением 6 кВ с резиновой изоляцией.

-6 U ном

-3 U ном

+2 U ном

-1,5 U ном

-2,5 U ном

-3,5 U ном

-4 U ном

-4,5 U ном

-5 U ном

-5,5 U ном

2.11 К какой группе относится плакат « Не включать . Работают люди ».

+Запрещающий.

-Предупреждающий.

-Указательный.

2.12 При наличии скольких условий повышенной опасности одновременно помещение считается особо опасным для поражения людей электрическим током.

-Пяти и более условий.

-Трех и более условий.

+Двух и более условий.

-Одного и более условий

-Четырех и более условий

2.13 Кто утверждает графики и организует профилактические испытания электрооборудования и аппаратуры , электроустановок и сетей, находящихся в ведении организации.

-Главный инженер.

-Руководитель предприятия.

+Лицо, ответственное за электрохозяйство предприятия.

-Лицо, ответственное за испытания электрооборудования и аппаратуры

-Лицо, ответственное за электрохозяйство подразделения предприятия

2.14 О чем гласит правило Ленца .

-в проводниках электрической цепи при изменении магнитного поля возникает ( наводится ) ЭДС.

+Наводимая ЭДС всегда направлена так, чтобы создать ток , противодействующий происходящим изменениям.

-Направление , в котором ток стремится повернуть компасную стрелку определяют правилом винта.

-Наводимая ЭДС всегда направлена так, чтобы создать ЭДС , противодействующую происходящим изменениям.

2.15 В каких случаях необходимо защитное заземление электроустановок.

-во всех электроустановках.

+в любых помещениях при напряжении электроустановок 42 В и выше.

-в любых помещениях при напряжении электроустановок 36 В и выше.

-в любых помещениях при напряжении электроустановок 50 В и выше.

-в любых помещениях при напряжении электроустановок 12 В и выше.

-в любых помещениях при напряжении электроустановок 110 В и выше.

-в любых помещениях при напряжении электроустановок 220 В и выше.

-в любых помещениях при напряжении электроустановок 380 В и выше.

-в помещениях без повышенной опасности при напряжении 500 В и во всех взрывоопасных помещениях.

### **Раздел 3. Монтаж осветительного оборудования и осветительных сетей**

3.1 Назначение заземления.

+Снижение напряжения прикосновения и шага до безопасных величин.

-Снижение напряжения прикосновения-шага до безопасных величин

-Снижение напряжения прикосновения и защита электрооборудования

-Снижение напряжения шага и защита электрооборудования

-Защита электрооборудования.

-Вызвать срабатывание максимальной защиты.

3.2 Каким напряжением испытываются электрические аппараты ( выключатели, разъединители и т.п. ) 6 кВ с фарфоровой изоляцией.

-42 кВ.

-65 кВ.

+32 кВ.

-6 кВ

-35 кВ

-10 кВ

-15 кВ

-20 кВ

-50 кВ

3.3 Каким должно быть сопротивление заземляющего устройства для электроустановок 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью.

-Не более 2 Ом.

-Не более 10 Ом.

+Не более 4 Ом.

-Не более 8 Ом

3.4 Какому числу лиц, из какого персонала и с какими группами по электробезопасности в электроустановках до 1000 вольт разрешается выполнять все операции по наложению и снятию переносных заземлений . Укажите специальные требования.

-Два работника, один - имеющий группу IV(оперативный персонал), другой – группу III (ремонтный персонал)

-Два работника, один - имеющий группу III(ремонтный персонал), другой – группу IV (оперативный персонал)

+Одному лицу из оперативного персонала с группой не ниже III. Специальных требований нет.

-Одному лицу из оперативного или оперативно – ремонтного персонала с группой не ниже III. Наложение требуется выполнять с земли изолирующей штангой.

-Одному лицу из оперативного или оперативно – ремонтного персонала с группой не ниже IV. Наложение требуется выполнять с земли изолирующей штангой

-Одному лицу из оперативного персонала с группой не ниже IV. Специальных требований нет.

3.5 Укажите соотношение « дыхание - массаж » при оказании помощи пострадавшему одним человеком.

-2 : 4.

+2 : 14.

-12 : 60.

-2 : 10

-2 : 20

- 2 : 30
- 2 : 40
- +4 : 30

3. 6 От чего зависит частота вырабатываемого переменного тока.

- от угловой скорости и КПД генератора
- от числа пар полюсов и величины напряжения
- +от числа оборотов и числа пар полюсов генератора
- от числа пар полюсов и величины тока
- от числа оборотов и числа полюсов генератора

3.7 Напряжение питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно быть не более:

- 42 В
- 12 В
- +50 В
- 36 В
- 48 В
- 110 В

3.8 Действующими считаются установки.

+Установки или их участки, которые находятся под напряжением полностью или частично, или на которые в любой момент может быть дано напряжение.

-Которые полностью или частично находятся под напряжением.

-Которые находятся под напряжением в данный момент.

+Установки или их участки, которые могут находиться под напряжением полностью или частично, или на которые в любой момент может быть дано напряжение.

-Установки или их участки, которые находятся под напряжением полностью или частично.

3.9 Территория размещения наружных электроустановок в отношении поражения людей электрическим током относятся к :

- +Особо опасным .
- С повышенной опасностью .
- Опасным.

3.10 В электроустановках 35 кВ запрещается приближение людей к токоведущим частям , находящимся под напряжением на расстояние менее :

- + 0,6 м.
- 1,0 м.
- 0,5 м.

3.11 К какой категории относятся потребители электроэнергии перерыв в электроснабжении которых допускается на время автоматического восстановления питания.

- III категории.
- II категории.
- + I категории.

3.12 Указать полный перечень основных защитных средств для электроустановок до 1 кВ.

+ Изолирующие штанги , изолирующие и измерительные клещи , указатели напряжения , диэлектрические перчатки , изолированный инструмент.

- Изолирующие штанги , изолирующие и измерительные клещи , указатели напряжения , диэлектрические перчатки , изолированный инструмент, диэлектрические калоши.

- Изолирующие штанги , изолирующие и измерительные клещи , указатели напряжения , диэлектрические перчатки.

3.13 Можно ли работать в электроустановках в согнутом состоянии.

- Можно, если есть наблюдающий.
- Нельзя.
- + Можно, если при выпрямлении расстояние до токоведущих частей не менее допустимого.

3.14 Устанавливать переносное заземление на ВЛ может :

- + Один имеющий группу IV(оперативный персонал), второй - III группу (оперативный персонал)
- Два члена бригады с III группой.
- Один член бригады с IV группой.

3.15 Измерение сопротивления изоляции разъединителей, отделителей, короткозамыкателей производится мегомметром на напряжение:

- 500 В.
- + 2500 В.
- 1000 В.

#### **Раздел 4. Монтаж кабельных линий напряжением до 35 кВ**

4.1 На какие группы делятся плакаты по ТБ для электроустановок.

- запрещающие и предупреждающие.
- указательные , запрещающие , предписывающие .
- + указательные , запрещающие , предписывающие , предупреждающие .

4.2 Какие электроустановки следует заземлить или занулить в помещениях без повышенной опасности поражения электротоком.

- на напряжение 220 В и выше переменного тока и 110 В и выше постоянного тока .
- + на напряжение 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока .
- на напряжение 380 В и выше переменного тока и 220 В и выше постоянного тока .

4.3 Каков максимальный срок действия распоряжения на производство работ в электроустановках.

- По усмотрению лица, выдающего распоряжение.
- + В течение рабочего дня исполнителей
- В течение одних суток.

4.4 Кто имеет право единолично осматривать электроустановки до 1 кВ.

- Административно технический персонал с группой IV и оперативный персонал с группой III .
- + работник, имеющий группу IV и право единоличного осмотра на основании письменного распоряжения руководителя предприятия.

- персонал производящий работу в данной электроустановке

4.5 При какой влажности воздуха наступает условие повышенной опасности.

- близкое к 100 %.
- более 80 %.
- + более 75 %.

4.6 Лица из какого персонала и с какой целью могут быть включены в состав бригады, проводящей испытания .

- из оперативно – ремонтного персонала с группой не ниже 4 для монтажа испытательной схемы.
- + из ремонтного персонала с группой не ниже 2 для подготовительных работ, охраны испытуемого оборудования, разъединения и соединения шин.
- из оперативно – ремонтного персонала для проведения подготовительных работ.

4.7 Укажите периодичность медицинского освидетельствования электротехнического персонала , обслуживающего действующие электроустановки.

- при приеме на работу и затем периодически в сроки , установленные руководством предприятия.
- + при приеме на работу и затем периодически в сроки , установленные органами здравоохранения.
- при приеме на работу и затем 1 раз в 3 года.

4.8 Разрешается ли включать и отключать конденсаторные установки выше 1 кВ разъединителем .

- + запрещается.
- разрешается.
- разрешается , если в цепи нет выключателя.

4.9 Укажите правильно зависимость сопротивление материала , сопротивление проводника . Можно определить по формуле:

- +  $R = \rho L / S$
- $R = \rho LS$ .
- $R = LS / \rho$

4.10 При обслуживании каких электроустановок персонал может не надевать защитные каски .

- + щитов управления и релейных.
- закрытых и открытых РУ .
- электросетей на строительной площадке .

4.11 Кто определяет состав бригады для работы по наряду в электроустановках .

- + выдающий наряд .
- руководитель работ .
- производитель работ .

4.12 Сколько человек с группой II могут быть включены в бригаду при выполнении работ по наряду .

- определяет руководитель работ.
- + не более трех, если на каждого есть работник с группой III .
- определяет выдающий наряд.

4.13 Во сколько раз изменится соотношение токов в параллельных ветвях электрической цепи при увеличении напряжения в два раза.

- увеличится в два раза .
- уменьшится в два раза .
- + не изменится.

4.14 Каким должен быть диаметр заземляющего проводника круглого сечения для заземления электроустановок в зданиях.

- не менее 10 мм.
- + не менее 5 мм.
- не менее 25 мм.

4.15 Для какой категории электротехнического персонала необходимо стажирование на рабочем месте .

- для административно – технического персонала.
- + для оперативного и оперативно – ремонтного персонала.
- для всех категорий.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
2	Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

1. Ополева, Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.Н. Ополева. - М.:ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 416 с. - (Высшее образование). ISBN 978-5-8199-0653-8.
2. Стрельников, Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Н.А. Стрельников. - Новосибир.: НГТУ, 2013. - 100 с.: ISBN 978-5-7782-2193-2.
3. Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий [Текст] : учеб. пособие для студентов среднего профессионального образования / Ю. Д. Сибикин.- 2-е изд., испр.. - Москва : Академия, 2007. - 368 с. - ISBN 978-5-7695-4558-0.
4. Богданов, А.В. Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения» / А.В. Богданов. Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 10 с.

## ДИСЦИПЛИНА 15. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (24 ЧАСА)

### Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель** освоения дисциплины: формирование профессиональных знаний и умений в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий.

### Задачи:

- познакомить с принципами построения систем электроснабжения предприятий;
- познакомить с методами достижения заданного уровня надежности оборудования и систем электроснабжения промышленных предприятий;
- научить использовать основные методы расчета интегральных характеристик режимов и определения расчетных нагрузок, показателей качества электроснабжения.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Введение 2. Расчет нагрузок 3. Распределение электрической энергии 4. Расчет освещения 5. Цеховые трансформаторные и преобразовательные подстанции 6. Компенсация реактивной мощности	Место дисциплины в научной и производственной деятельности. Термины и определения. Понятие электрической нагрузки и мощности. Потребители электроэнергии. Группы потребителей, их характеристики. Промышленные предприятия, сельскохозяйственные объекты, бытовые потребители. Источники питания и пункты приема электроэнергии. Распределительные и питающие электрические сети различных объектов. Требования, предъявляемые к распределительным сетям. Типовые схемы распределительных сетей. Современные источники света и светильники. Светотехнические расчеты. Осветительные сети. Схемы питания, напряжения, расчетная нагрузка осветительной установки. Методы расчета осветительных сетей. Преобразование электроэнергии. Характеристика трансформаторов цеховых подстанций, маркировка и схемы соединения обмоток, конструктивное исполнение подстанций. Компонировка ЦТП, схемы питания. Понятие, роль реактивной мощности в распределительных сетях. Баланс и задача компенсации реактивной мощности. 6 часов	Практическое занятие №1 Балансы электроэнергии в системах электроснабжения. Практическое занятие №2 Компенсация высших гармоник тока с помощью фильтрокомпенсирующего устройства. 4 часа	Не предусмотрено	Регулирование напряжения путем продольной и поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи Снятие времятоковой характеристики автоматического воздушного выключателя Определение группы соединений обмоток трехфазного трансформатора Управление качеством электрической энергии в системах электроснабжения : встречное регулирование напряжения. 12 часов	Не предусмотрено



Тип тестовых заданий: Выбор одного варианта ответа из предложенного множества.

Инструкция студенту: Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Ответить»

*Выберите один правильный ответ:*

1. От чего зависит выбор элементов системы электроснабжения?

1. максимальной нагрузки;
2. **расчетной нагрузки;**
3. средней нагрузки;
4. **категории пожарной опасности и взрывоопасности помещения.**

2. Что называется номинальной мощностью электроприемника?

1. мощность, развиваемая одним электроприемником при нормальной нагрузке;
2. **значение, указанное в паспорте электроприемника;**
3. **значение, указанное на табличке электроприемника;**
4. мощность, заказанная в паспорте завода изготовителя, приведенная к ПВ = 100%.

3. Что называется эффективным числом электроприемников?

1. количество электроприемников мощностью более 5 кВт;
2. количество электроприемников участвующих в максимуме нагрузки энергосистемы;
3. удобный эквивалент группе разнородных электроприемников;
4. **количество электроприемников работающих в длительном режиме и включаемых одновременно.**

4. Что называется питающей сетью?

1. **сеть, питающая отдельные электроприемники;**
2. сеть, питающую распределительные пункты;
3. кабельная линия, питающая цеховую трансформаторную подстанцию;
4. воздушная линия, питающая цеховую трансформаторную подстанцию.

5. Какие величины напряжений используют для питания силовых электроприемников в сетях промышленных предприятий?

1. 660/380
2. **380/220**
3. 220/127
4. 127/110

6. Укажите материал изоляции жил кабеля АПВГ?

1. **поливинилхлорид**
2. полиэтилен
3. вискоза
4. бумага

7. Укажите приемлемую высоту размещения шинпровода ШРА?

1. 0,5 м
2. 1,5 м
3. **2,5 м**
4. 4 м

8. Какой закон является обязательным для проведения энергоаудита?

1. **261 ФЗ**
2. 182 приказ
3. 190 приказ

9. Каких режимов нейтрали нет?

1. Глухозаземленная нейтраль
2. **Глухоизолированная нейтраль.**
3. Эффективно заземленная нейтраль.
4. Изолированная нейтраль.

10. В каких сетях выбирается режим с эффективно заземленной нейтралью.

1. В сетях напряжением до 1 кВ
2. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30А, 20А, 10А.
3. В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30А, 20А, 10А.
4. **В сетях напряжением выше 110 кВ**

11. Что называется коэффициентом спроса?

1. отношение расчетного или фактического значения потребляемой расчетной мощности к номинальной мощности;
2. характеризует смещение максимумов нагрузок отдельных групп ЭП во времени;
3. называют отношение средней активной мощности к максимальной;
4. характеризует неравномерность графика во времени.

12. Абонент энергоснабжающей организации

**1. Потребитель электрической энергии (тепла), энергоустановки которого присоединены к сетям энергоснабжающей организации**

2. Предприятие и квартира, у которых приемники электрической энергии (тепла) присоединены к электрической (тепловой) сети и используют электрическую энергию (тепло)
3. Предприятие, организация, территориально обособленный цех, строительная площадка, у которых приемники электрической энергии (тепла) присоединены к электрической (тепловой) сети и используют электрическую энергию (тепло)
4. Бытовой потребитель электрической энергии

13. Энергоустановка

1. Все установки за исключением цепей освещения
2. Комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для преобразования электроэнергии
- 3. Комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии**
4. Это технологическая электроустановка

14. Электроустановка

- 1. Энергоустановка, предназначенная для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии**
2. Это технологическая электроустановка
3. Все установки за исключением цепей освещения
4. ТЭЦ и КЭС

**Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.**

**Типовые вопросы для проведения экзамена**

1. Система электроснабжения промышленного предприятия, ее особенности.
2. Основные требования к системам электроснабжения промышленных предприятий.
3. Основные группы промышленных потребителей электроэнергии и их характеристики.
4. Категории электроприемников по надежности электроснабжения.
5. Режимы работы электроприемников.
6. Уровни (ступени) системы электроснабжения (по Б.И.Кудрину)
7. Графики электрических нагрузок, виды графиков, особенности построения и использования.
8. Показатели графиков электрических нагрузок.
9. Виды мощности (нагрузки).
10. Понятие о максимуме средней нагрузки.
11. Показатели электропотребления.
12. Показатели графиков нагрузок, характеризующие режимы работы электроприемников.
13. Методы определения электрических нагрузок. Классификация методов (по А.А. Федорову и Б.И.Кудрину).
14. Основные и вспомогательные методы определения электрических нагрузок.
15. Определение электрических нагрузок в сетях промышленных предприятий. Нормативные документы и справочные данные.
16. Особенности определения расчетных электрических нагрузок от однофазных электроприемников.
17. Определение пиковых нагрузок.
18. Электрические сети внутризаводского электроснабжения напряжением до 1 кВ, классификация, требования к сетям.
19. Основные виды схем цеховых сетей.
20. Картограмма нагрузок и центры электрических нагрузок.
21. Источники питания потребителей и построение системы электроснабжения.
22. Надежность электроснабжения потребителей.
23. Конструктивные элементы цеховых электрических сетей.
24. Шинопроводы, кабели и провода. Маркировка. Условия выбора и проверки.
25. Расчет электрической сети напряжением до 1 кВ по условиям нагрева и защиты.
26. Расчет электрической сети напряжением до 1 кВ по условиям термической стойкости к токам короткого замыкания.
27. Расчет электрической сети по потере напряжения.
28. Общая классификация сред и помещений.
29. Комплектные ТП. Их назначение, виды, устройство.

30. Комплектные распределительные устройства.
31. Ненормальные по току режимы работы в цеховых сетях.
32. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до 1 кВ, порядок и особенности расчета.
33. Назначение расчета токов короткого замыкания. Рассчитываемые показатели и их дальнейшее использование.
34. Защита электродвигателей.
35. Аппараты защиты сетей напряжением до 1 кВ. Выбор предохранителей.
36. Аппараты защиты сетей напряжением до 1 кВ. Выбор автоматических выключателей.
37. Аппараты защиты сетей напряжением до 1 кВ. Селективность защиты, построение карты селективности.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Электроснабжение промышленных предприятий (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
2	Электроснабжение промышленных предприятий (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

1. Стрельников, Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий [Электронный ресурс] / Н.А. Стрельников. - Новосиб.: НГТУ, 2013. - 100 с.: ISBN 978-5-7782-2193-2.
2. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]: учебник для вузов / Б. И. Кудрин. – 2-е изд. – М.: Интернет Инжиниринг, 2006. – 672с. – ISBN 5-89594-128.
3. <http://www.mon.gov.ru> – Официальный сайт Министерства образования и науки РФ;
4. <http://www.edu.ru> – Федеральный портал «Российское образование»;

## ДИСЦИПЛИНА 16. НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (24 ЧАСА)

### 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель** освоения дисциплины: формирование у обучающихся профессиональных знаний и умений в области обеспечения надежности электроэнергетических систем.

#### **Задачи:**

- познакомить с основами теории надежности применительно к системам электроснабжения;
- познакомить с принципами выполнения защит на энергообъектах;
- научить производить расчет показателей надежности систем электроснабжения.
- научить анализу факторов, влияющих на работоспособность установок защиты систем электроснабжения.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Основные понятия надежности в технике. Определение надежности в энергетике, характеристики и надежности. 2. Количественные оценки характеристик надежности 3. Математические модели расчета и способы повышения надежности систем электроснабжения. 4. Статистическая оценка и анализ надежности электрооборудования	Стандартизация в области надежности. Основные понятия, термины и определения теории надежности в технике и энергетике. Понятие отказа. Классификация отказов. Физическая природа отказов электрооборудования. Основные причины отказов оборудования. Свойства надежности. Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых элементов систем электроснабжения. Единичные и комплексные показатели надежности. Их количественная оценка. Случайные величины и законы их распределения. Их применение для оценки характеристик надежности. Методы структурного анализа сложных схем и использования их для оценки надежности. Понятия о структурной и функциональной надежности. Расчет надежности схем электрических соединений при последовательно-параллельном соединении элементов в системе. Аналитический метод расчета надежности. Использование цепей Маркова при расчетах показателей надежности систем электроснабжения. Резервирование элементов с двумя видами отказов. Сбор и обработка статистической информации об отказах и авариях. Графическое представление экспериментальных данных. Основные приемы определения закона распределения отказов	Расчёт требуемых показателей безотказности элементов ГТУ для обеспечения заданной нормативной величины вероятности безотказной работы установки 2 часа.	Не предусмотрено	Расчет надежности ГТА заданной схемы Расчет интервальной оценки показателей безотказности ГТУ Расчет оптимального плана выполнения регламентных работ энергетического объекта при возрастающей функции интенсивности отказов. 12 часов	Не предусмотрено

	электрооборудования. Проверка статистических гипотез. Оценка параметров теоретических распределений наработки до отказа. 8 часов				
--	--	--	--	--	--

## Оценка качества освоения дисциплины

### Тестовые задания

Тип тестовых заданий: Выбор одного варианта ответа из предложенного множества.

Инструкция студенту: Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Ответить»

*Выберите один правильный ответ:*

Раздел 1. Основные понятия надежности в технике. Определение надежности в энергетике, характеристики надежности

1. **Состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными в технической документации это:**

- a) долговечность;
- b) работоспособность;**
- c) сохраняемость;
- d) безотказность;
- e) исправность.

2. **Что характеризует данная формулировка: «Свойство изделий, заключающееся в приспособленности его к хранению и транспортировке»?**

- a) надежность;
- b) безотказность
- c) долговечность;
- d) ремонтпригодность;
- e) сохраняемость.**

3. **Гамма процентный ресурс относится к показателям:**

- a) безотказности;
- b) ремонтпригодности;
- c) долговечности;**
- d) сохраняемости;
- e) отдельный показатель.

4. **Событие, заключающееся в потере работоспособности, будет называться**

- a) предельным состоянием;
- b) дефектом;
- c) отказом;**
- d) износом;
- e) правильный ответ отсутствует.

5. **Отказ это:**

- a) каждое отдельно несоответствие детали, узла установленным требованием;
- b) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных технической документации;**
- c) состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена;
- d) событие, заключающееся в потере работоспособности;
- e) событие, при котором объект работает с перегрузками.

6. **Интенсивность отказов относится к показателям:**

- a) безотказности;**
- b) ремонтпригодности;
- c) долговечности;
- d) сохраняемости;
- e) отдельный показатель.

7. **Что характеризует данная формулировка: «Свойство изделий сохранять работоспособность в течении некоторой наработки без вынужденных перерывов»:**

- a) надежность;
- b) безотказность;**
- c) долговечность;
- d) ремонтпригодность;
- e) сохраняемость.

8. **Коэффициент готовности относится к показателям:**

- a) безотказности;
- b) ремонтпригодности;

- c) долговечности;  
 d) сохраняемости;  
 e) **комплексным.**
- 9. Какими основными показателями характеризуется надежность:**  
 a) работоспособность, безотказность, долговечность, сохраняемость;  
 b) долговечность, безотказность, износостойкость, сохраняемость;  
 c) **безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость;**  
 d) износостойкость, ремонтпригодность, долговечность, работоспособность;  
 e) безотказность, износостойкость, долговечность, ремонтпригодность.
- 10. Что характеризует данная формулировка: «Свойства изделий в приспособленности его к предупреждению, обнаружению к устранению отказов»:**  
 a) безотказность;  
 b) долговечность;  
 c) работоспособность;  
 d) сохраняемость;  
 e) **ремонтпригодность.**

## Раздел 2. Количественные оценки характеристик надежности

- 11. Укажите соотношение, которое определяет статистическую оценку вероятности безотказной работы для массовых объектов:**

- a)  $\check{P}(t) = 1 - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \eta(t - t_k);$   
 b)  $P(t) = \exp(-\lambda \cdot t);$   
 c)  $P_0(t) = 1 - P_n(t) = 1 - \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t};$   
 d)  $\lambda = \frac{N}{L \cdot t}.$

- 12. Укажите верное соотношение определяющее параметр потока отказов:**

- a)  $\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{E[v(t + \Delta t) - v(t)]}{\Delta t};$   
 b)  $\bar{\mu}(t) = \frac{E[v(t_2) - v(t_1)]}{t_2 - t_1};$   
 c)  $F(T) = 1 - P(T);$   
 d)  $\check{P}(t) = [N - n(t)] \times \frac{1}{N}.$

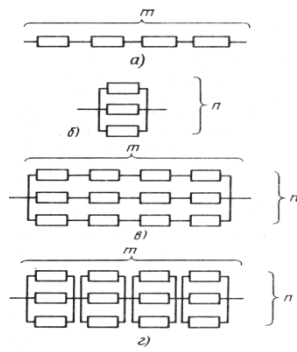
- 13. Укажите определение, соответствующее комплексному показателю надежности:**

- a) **Показатель надежности, характеризующий несколько свойств, составляющих надежность объекта.**  
 b) Показатель надежности, точечная или интервальная оценка которого определяется по данным испытания.  
 c) Показатель надежности, значение которого определяется расчетным методом.  
 d) Количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта.

- 14. Указать верные соотношения, позволяющие определить вероятность безотказной работы через интенсивность потока отказов:**

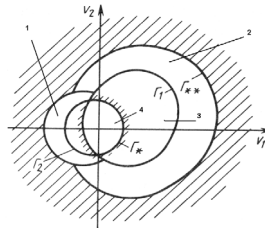
- a)  $\lambda(t) = -\frac{d}{dt} P(t);$   
 b)  $\lambda(t) = \frac{d}{dt} Q(t);$   
 c)  $\frac{d}{dt} Q(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau};$   
 d)  $Q(t) = 1 - P(t).$

- 15. При каком соединении элементов объекта, вероятность его безотказной работы выше:**



- a) а
- б) б
- в) в
- г) г

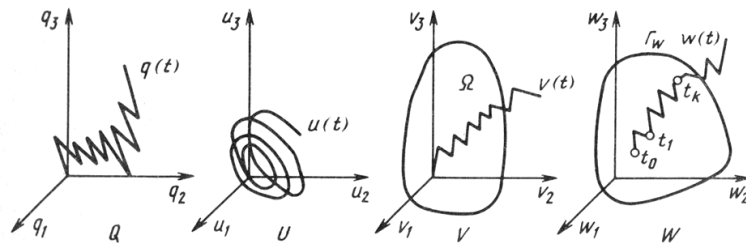
16. Указать область безотказной работы объекта в целом с учетом возможности нескольких типов отказов отдельного объекта:



где  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma^{**}$  - границы областей безотказной работы при возможных отказах отдельного объекта;  $V_1, V_2$  - значения двумерного вектора качества.

- a) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

17. На каком из рисунков указанная траектория отражает изменение вектора качества с учетом принятых ранее обозначений:



- a)  $q(t)$ ;
- б)  $u(t)$ ;
- в)  $v(t)$ ;
- г)  $w(t)$ .

18. Указать верное соотношение, позволяющее определить полный риск для объекта со случайными свойствами при воздействии случайных нагрузок:

- a)  $P(t | r s) = P\{v(\tau | r s) \in \Omega(r s), \tau \in [t_0, t]\}$
- б)  $P(t) = \int_{D(r s)} P(f | r s); p_r(r); p_s(s t) \cdot dr \cdot ds$
- в)  $H(t) = \int_{D(r s)} H(f | r s) \cdot p_r(r) \cdot p_s(s t) \cdot dr \cdot ds$
- г)  $H(t) = \int_{D(r s)} H(f | r s) \cdot p_r(r) \cdot p_s(s t) \cdot dr \cdot ds$

19. По отношению к какой группе отказов относится эксплуатационная надежность:

- a) Отказы второстепенных и относительно легко восстанавливаемых элементов;
- б) Отказы, лимитирующие ресурс объекта в целом;
- в) Отказы, приводящие к аварии.

- 20. Отметить основные недостатки скалярных мер повреждений:**
- a) Выбор крайних значений меры повреждений произволен;
  - b) Невозможность описать сложные явления, сопровождающие накопление повреждений;
  - c) Скалярная мера повреждений допускает интерпретацию, не связанную непосредственно с физической картиной повреждений;
  - d) Функция меры повреждения не учитывает историю предшествующего нагружения.

### **Раздел 3. Математические модели расчета и способы повышения надежности систем электроснабжения**

- 21. Какая вероятностная модель является наиболее удобной для однопараметрического семейства кривых усталости:**
- a) Однопараметрическое распределение Вейбулла;
  - b) Экспоненциальное распределение;
  - c) Двухпараметрическое распределение Вейбулла;
- 22. Любой технический объект в каждый конкретный момент времени может находиться**
- a) В рабочем состоянии;
  - b) В нерабочем состоянии;
  - c) В состоянии неопределённости.
- 23. В соответствии с требованиями ПУЭ установлены ..... категории надёжности электроприёмников**
- a) 2 категории;
  - b) 3 категории;
  - c) 4 категории.
- 24. Рабочее состояние системы электроснабжения включает в себя режимы**
- a) Нормальный;
  - b) Аварийный;
  - c) Доаварийный
  - d) Послеаварийный.
- 25. По характеру процесса возникновения отказы делятся на**
- a) Постепенные;
  - b) Внезапные;
  - c) Зависимые
  - d) Независимые.
- 26. Любой отказ, приведший к перерыву в электроснабжении можно рассматривать как**
- a) Зависимый;
  - b) Внезапный;
  - c) Независимый;
  - d) Устойчивый.
- 27. Критическим считается такой отказ, тяжесть последствий которого признаётся**
- a) Недопустимой;
  - b) Условно допустимой;
  - c) Допустимой при определённых условиях.
- 28. Надёжность - это комплексное свойство, включающее в себя**
- a) Безотказность;
  - b) Долговечность;
  - c) Ремонтпригодность;
  - d) Живучесть
  - e) Сохраняемость.
- 29. С точки зрения ремонтпригодности все элементы систем электро-снабжения принято разделять на**



- a) Невосстанавливаемые;
  - b) Восстанавливаемые;
  - c) Заменяемые;
  - d) Незаменяемые.
- 30. Показателями и характеристиками безотказности невосстанов-ливаемых объектов являются**
- a) Вероятность отказа (вероятность безотказной работы);
  - b) Интенсивность отказов;
  - c) Плотность вероятности отказов;
  - d) Нарботка до отказа;
  - e) Нарботка на отказ.

#### Раздел 4. Статистическая оценка и анализ надежности электрооборудования

а)

- 31. Теория надёжности наиболее часто оперирует ..... законом надёжности**
- a) Экспоненциальным;
  - b) Логнормальным;
  - c) Законом Ома.
- 32. Экспоненциальный закон надёжности справедлив**
- a) На участке приработки;
  - b) На участке нормальной (длительной) эксплуатации;
  - c) На участке старения;
  - d) На участке износа.
- 33. Экспоненциальный закон надёжности - это закон ..... параметра (параметров)**
- a) 1;
  - b) 2;
  - c) 3.
- 34. Нормальный закон надёжности - это закон ..... параметра (параметров)**
- a) 1;
  - b) 2;
  - c) 3.
- 35. Параметром экспоненциального закона надёжности является**
- a) Интенсивность отказов  $\lambda(t)$ ;
  - b) Среднее квадратическое отклонение времени между отказами.
- 36. Параметрами нормального закона надёжности для параметра наработки на отказ является**
- a) Математическое ожидание случайной величины (средняя наработка на отказ) -  $T_0$ ;
  - b) Среднее квадратическое отклонение времени между отказами -  $\sigma$ ;
  - c) Коэффициент скошенности -  $Sk$ ;
  - d) Коэффициент экстенсивности -  $Ex$ .
- 37. Распределение Пуассона используется при исследовании надёжности систем**
- a) С простейшими потоками отказов, где случайная величина принимает только целые значения;
  - b) С простейшими потоками отказов, где случайная величина может принимать какие угодно значения.
- 38. По графикам распределения Пуассона можно определить вероятность появления**
- a) Любого числа отказов за установленный период времени;
  - b) Одного отказа за установленный период времени.
- 39. При определении характеристик надёжности по статистическим данным, как правило определяется**
- a) Интегральный закон надёжности;
  - b) Дифференциальный закон надёжности.

#### 40. Гипотезу о предполагаемом законе надёжности выдвигают по

- a) Интегральному закону надёжности;
- b) Дифференциальному закону надёжности.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

#### Типовые вопросы для проведения экзамена

#### Вопросы к экзамену

- 1 Основные понятия теории надежности.
- 2 Фазовое пространство состояний системы.
- 3 Отказы объектов, классификация отказов.
- 4 Показатели надежности. Единичные показатели надежности.
- 5 Показатели надежности. Комплексные показатели надежности.
- 6 Стохастические закономерности в теории надежности.
- 7 Случайные величины в теории надежности. Характеристики случайных величин.
- 8 Случайные величины в теории надежности. Совместное распределение случайных величин. Условные вероятности.
- 9 Случайные величины в теории надежности. Формула Байеса.
- 10 Производящая и характеристическая функции.
- 11 Центральная предельная теорема Муавра – Лапласа.
- 12 Распределение Бернулли. Биноминальное распределение.
- 13 Распределение Пуассона. Распределение Вейбулла – Гнеденко.
- 14 Равномерное и нормальное распределения.
- 15 Факторы, влияющие на надежность. Классификация факторов.
- 16 Расчет надежности системы с основным соединением элементов.
- 17 Порядок расчета надежности.
- 18 Коэффициентный метод расчета надежности.
- 19 Методы резервирования систем. Классификация методов резервирования.
- 20 Мажоритарное резервирование и резервирование с дробной кратностью.
- 21 Структурное и функциональное резервирование.
- 22 Расчет надежности системы с общим резервированием.
- 23 Расчет надежности системы с дробной кратностью.
- 24 Особенности расчета надежности сложных систем.
- 25 Расчет функциональной надежности систем. Пример расчета.
- 26 Методы оценки показателей надежности с учетом априорной информации.
- 27 Метод оценки показателей надежности с рандомизацией искомого показателя. Теорема Байеса.
- 28 Метод линейного объединения априорной и текущей информации для оценки показателей надежности.
- 29 Методы повышения надежности. Классификация методов.
- 30 Резервирование как метод повышения надежности систем.
- 31 Способы уменьшения интенсивности отказов.
- 32 Последовательность логико-вероятностных расчетов надежности резервированных систем.
- 33 Найти вероятность безотказной работы последовательного соединения 3-х конденсаторов, если известно, что интенсивность отказов каждого из них составляет  $\lambda=0,3 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$  при условии, что не откажет ни один из них.
- 34 Принципы оценки и прогнозирования ресурса сложных систем.
- 35 Современные подходы к прогнозированию показателей долговечности объектов при ограниченной информации. Классификация методов.
- 36 Неопределенности при прогнозировании ресурса объектов по эксплуатационным данным.
- 37 Процесс прогнозирования и прогнозирующая функция.
- 38 Методика выбора прогнозирующих параметров оборудования систем.
- 39 Экстраполяционные методы прогнозирования долговечности.
- 40 Методы испытаний на надежность. Классификация методов.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

- a) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
-------	---	--	---	--

1	Надежность электроснабжения (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Доска магнитно-маркерная, настенная</li> <li>– Парты аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт.</li> <li>– Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной)</li> <li>– Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной)</li> <li>– Экран Procolor на штативе (переносной)</li> </ul>	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
2	Надежность электроснабжения (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт.</li> <li>– Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт.</li> <li>– Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт.</li> <li>– Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт.</li> <li>– Компьютерные столы - 15 шт.</li> <li>– Кресла компьютерные - 15 шт.</li> <li>– Доска магнитно-маркерная, настенная</li> <li>– Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.</li> </ul>	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

1. Надежность электроснабжения [Электронный ресурс] / Ю.А. Секретарев. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 104 с.: ISBN 978-5-7782-1517-7.
2. Энергобезопасность и энергосбережение: журнал. Подписной индекс (Роспечать) - 84676 и 46577. - Частное учреждение высшего образования Московский институт энергобезопасности и энергосбережения, ISSN 2071-2219, 2019.
3. Теплоэнергетика. Теплоснабжение: журнал. Подписной индекс 18323. - Общество с ограниченной ответственностью Международная академическая издательская компания "Наука/Интерпериодика", ISSN 0040-3636, 2019
4. Новости электротехники: электрон. журнал. Подписной индекс 14222. - Закрытое акционерное общество "Новости Электротехники". Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru>.

## ДИСЦИПЛИНА 17. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА (38 ЧАСОВ)

**Цель** освоения дисциплины: формирование у обучающихся знаний о принципах организации и технической реализации релейной защиты и автоматизации (РЗА) электроэнергетических систем.

**Задачи:**

- ознакомить с основными принципами релейной защиты;
- познакомить с основными положениями по расчету систем релейной защиты;
- научить методам расчета и выбора средств релейной защиты.

**Содержание дисциплины**

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Основные требования, предъявляемые к РЗА, принципы действия, элементы РЗА 2. Трансформаторы тока 3. Защита линий, трансформаторов, двигателей 4. Защита генераторов, блоков генератор - трансформатор 5. Автоматическое включение резерва (АВР) 6. Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) 7. Автоматическое повторное включение (АПВ)	Назначение релейной защиты, повреждения в электроустановках, ненормальные режимы, селективность, быстрота действия, чувствительность, надежность. Характеристики токов и напряжений в ненормальных и аварийных режимах электроэнергетических систем и основных электроприёмников. Требования, предъявляемые к РЗА. Трансформаторы тока, схемы соединения, нагрузка на ТТ, проверка по допустимой погрешности, на отсутствие вибрации, по перенапряжению. Защита линий (максимальная токовая защита, токовая отсечка, направленная защита, защита от КЗ на землю в сетях с заземленной нейтралью, защита от КЗ на землю в сетях с изолированной нейтралью, дифференциальные защиты (продольная, поперечная). Дистанционная защита). Защита трансформаторов. Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов, виды защит. Защита от сверхтоков при внешних кз; защита от перегрузки; токовая отсечка; дифференциальная защита; токи небаланса в дифференциальной защите; токи намагничивания силовых трансформаторов при включении при напряжении; газовая защита трансформаторов; токовая защита от замыканий на корпус трансформатора. Основные требования к	Дифференциальные токовые защиты (продольная, поперечная, поперечная направленная). Дифференциальная защита. Защиты от замыканий на землю в сетях с малым током замыкания на землю. Ближнее и дальнее резервирование. Устройства резервирования при отказах выключателей (УРОВ). Автоматизация в электроэнергетических системах. Устройства АПВ, АВР, АЧР, автоматической синхронизации и др.	Не предусмотрено	Автоматическое регулирование реактивной мощности синхронных электродвигателей. Назначение устройства АПВ, требования и расчет их параметров. Схемы устройств АПВ линий с односторонним питанием; релейно-контактные устройства АПВ на переменном оперативном токе. Особенности устройств автоматического повторного включения линий с двусторонним питанием. Устройство трехфазного АПВ без контроля синхронизма линий с двусторонним питанием: релейно-контактное устройство АПВ линии с параллельными связями; релейно-контактное быстродействующее устройство АПВ; релейно-контактное несинхронное устройство АПВ. Устройства	Расчет элементов релейной защиты подстанции. 8 часов

	<p>защите электродвигателей; основные виды защит применяемых на электродвигателях. Защита электродвигателей от замыканий одной фазы на землю; защита электродвигателей от перегрузки; защита электродвигателей от понижения напряжения. Особенности защиты блоков. Защита блока генератор – трансформатор. Защита от сверхтоков при внешних к.з. и перегрузках и защита от несимметричных режимов. Дифференциальная защита на блоках генератор-трансформатор. Защита генераторов блоков от замыканий на землю особенности блоков генератор-трансформатор линия.</p> <p>Назначение и требования к устройству АВР, принципы их выполнения и расчет параметров. Схемы устройств АВР: релейно-контактное устройства АВР на переменном оперативном токе; релейно-контактные устройства АВР на постоянном оперативном токе. Пусковые органы устройства АВР и возможность их применения в электрических сетях с синхронными электродвигателями. Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности синхронных генераторов. Автоматическое регулирование реактивной мощности синхронных компенсаторов. 8 часов</p>		<p>трехфазного АПВ с контролем синхронизма линий с двусторонним питанием.</p> <p>12 часов</p>	
--	---	--	---	--

## Оценка качества освоения дисциплины

### Тестовые задания

Тип тестовых заданий: Выбор одного варианта ответа из предложенного множества.

Инструкция студенту: Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Ответить».

#### Раздел 1 Основные требования, предъявляемые к РЗА, принципы действия, элементы РЗА. Защита линий

1.1 Назначение релейной защиты и автоматики?

- а) Выявлять и отключать от энергосистемы возникающие повреждения на защищаемом участке;
- б) Наблюдать за короткими замыканиями на поврежденном участке;
- в) Сигнализировать о выходе из строя защищаемого элемента;
- г) Определить поврежденную опору ЛЭП;
- д) Передавать по радио о повреждении.

1.2 Какой коэффициент схемы имеет схемы соединения ТТ в треугольник, а обмотка реле в звезду?

- а)  $\sqrt{3}$  б) 1.0 в) 1.5 г) 2.0 д) 3.0

1.3 Какую величину должен иметь коэффициент чувствительности дифференциальной защиты трансформатора?  
а) 2.0 б) 1.8 в) 1.2 г) 1.5 д) 3.0

1.4 Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ в полную звезду?  
а) 1.0 б) 1.5 в) 2.0 г)  $\sqrt{3}$  д)  $\sqrt{2}$

1.5 Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ в неполную звезду?  
а) 1.0 б)  $\sqrt{2}$  в)  $\sqrt{3}$  г) 1.5 д) 2.0

1.6 Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ на разность токов двух фаз с одним реле?  
а)  $\sqrt{3}$  б) 1.0 в)  $\sqrt{2}$  г) 1.5 д) 2.0

1.7 Какую чувствительность должна иметь МТЗ линий при повреждении в основной зоне?  
а) 1.5 б) 1.8 в) 1.2 г) 1.75 д) 2.0

1.8 Какие повреждения могут возникать на линиях электропередачи 110 кВ и выше?  
а) **3-х фазное; 2-х фазное; однофазное и 2-х фазное на землю, короткие замыкания;**  
б) Атмосферные перенапряжения;  
в) Коронирование проводов;  
г) Коммутационные повреждения;  
д) тряска проводов.

1.9 Требования, предъявляемые к релейной защите?  
а) **Обеспечивать селективность, обеспечивать быстрдействие, чувствительность и надежность;**  
б) Как можно медленнее отключать повреждения;  
в) Передавать сведения о наличии повреждений;  
г) фиксировать повреждения;  
д) Определить величину тока повреждения.

1.10 Основные принципы действия защиты?  
а) **На электрическом принципе с использованием для действия токов и напряжений защищаемых элементов;**  
б) На механическом принципе;  
в) С использованием космических аппаратов;  
г) С использованием воды;  
д) С использованием азота.

## Раздел 2 Трансформаторы тока

2.1 Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне резервного действия?  
а) 1.2; б) 2.0; в) 1.8; г) 1.1; д) 1.5.

2.2 Какой минимальный коэффициент чувствительности должна иметь диф. защита трансформатора?  
а) 2.0; б) 1.2; в) 3.0; г) 1.0; д) 1.5.

2.3 Какая схема соединения трансформаторов тока применяется для выполнения диф. защиты силовых трансформаторов со схемой  $Y/\Delta$  на стороне ВН?  
а) **Треугольник;**  
б) На разность токов двух фаз;  
в) Неполная звезда;  
г) Открытый треугольник;  
д) Фильтр токов нулевой последовательности.

2.4 На каких трансформаторах выполняется диф. защита обязательно?  
а) **На трансформаторах 6300 кВА;**  
б) На трансформаторах 250 кВА;  
в) На трансформаторах 630 кВА;  
г) На трансформаторах плавильных печей;  
д) На трансформаторах телевизоров.

2.5 По каким условиям выбирается ток срабатывания диф. защиты трансформатора с реле ДЗТ-11?  
а) **По условию отстройки от тока броска намагничивания;**  
б) По условию отстройки от тока небаланса;  
в) По условию отстройки от тока к. з. на стороне НН;  
г) По условию отстройки от ударного тока к. з.;  
д) По условию ухода масла из трансформатора.

2.6 На каких реле выполняется газовая защита основного бака силового трансформатора 25 МВА?  
а) РТЗ-80; б) ПГЗ; в) РГЧЗ; ВГ-80/О; г) ПТЗ-23; д) РТЗ-50.

2.7 На каких реле выполняется газовая защита основного бака силового трансформатора 10000 кВА?  
а) РТЗ-50; б) РГЧЗ-66; в) РТЗ-80; г) ПГЗ-23; д) РТЗ-25.

2.8 На каких реле выполняется газовая защита бака РПН силового трансформатора 25 МВА?  
а) РТЗ-25; URF25; RS-1000; б) РТЗ-80; в) РТЗ-50; г) РГЧЗ-66; д) ПГЗ-23.

2.9 Какой коэффициент чувствительности должна иметь ТО силового трансформатора?  
а) 2.0; б) 1.1; в) 1.2; г) 1.0; д) 1.5.

2.10 Какой коэффициент надежности принимается при выборе уставки токовой отсечки ЛЭП?  
а)  $K_n = 1.2-1.3$ ; б)  $K_n = 1.0$ ; в)  $K_n = 2.0$ ; г)  $K_n = 1.5$ ; д)  $K_n = 1.8$ .

### Раздел 3 Защита линий, трансформаторов, двигателей

3.1 Какое напряжение на вторичной обмотке трансформатора напряжения типа НОЛ?  
а) 100 В; б) 120 В; в) 200 В; г) 87 В; д) 75 В.

3.2 Какие трансформаторы напряжения являются антирезонансные?  
а) НАМИТ; НАМИ; б) ЗНОЛ; в) ЗНОМ; г) НОЛ; НОМ; д) НТМИ.

3.3 Какие трансформаторы служат только для измерения междуфазных напряжений?  
а) НОЛ; НОМ; б) НТМИ; в) ЗНОЛ; НТМК г) ЗНОМ; д) НАМИ.

3.4 Какие защиты предусматриваются для защиты конденсаторной установки?  
а) Защита от междуфазных к. з.; защита от перегрузки; защита от повышения напряжения;  
б) Защита от однофазных к. з.; защита от утечки масла; защита от переохлаждения банок;  
в) Защита от понижения напряжения;  
г) Защита от нагрева;  
д) Защита от атмосферных перенапряжений.

3.5 По какому выражению определяется уставка защиты от междуфазных к. з.?  
а)  $I_{сз} = K_{бр} * I_{ном}$ ; б)  $I_{сз} = K_n * I_{кз}$ ; в)  $I_{сз} = Kc * I_{рабмакс}$ ; г)  $I_{сз} = K_n * I_{защ.наземлю}$ ; д)  $I_{сз} = I_{кз} / n_{тт}$

3.6 По какому выражению определяется защита от сверхтока перегрузки?  
а)  $I_{сз} = K_{отс} / K_g * I_n = 1.3I_{ном}$ ; б)  $I_{сз} = 1.5 * I_n$ ; в)  $I_{сз} = 2.0 * I_{ном}$ ; г)  $I_{сз} = 1.0 * I_{сз}$ ; д)  $I_{сз} = 1.8 * I_{сз}$

3.7 Назовите режимы заземления нейтрали автотрансформатора?  
а) С глухозаземленной нейтралью;  
б) С изолированной нейтралью;  
в) С резистивной нейтралью;  
г) С компенсированной нейтралью;  
д) С разрядником в нейтрали.

3.8 В каком режиме работают нейтрали трансформаторов в сети 110 кВ и выше?  
а) С эффективным заземлением нейтрали;  
б) С изолированной нейтралью;  
в) С компенсированной нейтралью;  
г) С резистивным заземлением нейтрали;  
д) С глухим заземлением нейтрали.

3.9 По какому выражению определяется напряжения срабатывания реле напряжения РН-54/160 МТЗ с блокировкой напряжения по напряжению линий?  
а)  $U_{сз} = \frac{0.9 * U_n}{K_n * K_g}$ ; б)  $U_{сз} = \frac{U_{средн}}{K_n}$ ; в)  $U_{сз} = \frac{U_{отс}}{K_n * K_g}$ ; г)  $U_{сз} = 1.3 * U_n$ ; д)  $U_{сз} = 1.5 * U_{отс}$

3.10 Какой коэффициент надежности принимается при выборе напряжения срабатывания РН-54/160?  
а) 1.2; б) 0.8; в) 2.0; г) 1.5; д) 1.7.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

## Типовые вопросы для проведения экзамена

### Вопросы к экзамену

1. Назначение релейной защиты
2. Повреждения в электроустановках
3. Ненормальные режимы
4. Селективность релейной защиты
5. Быстродействие релейной защиты
6. Чувствительность релейной защиты
7. Надежность релейной защиты
8. Трансформаторы тока, схема соединения
9. Нагрузка на трансформаторах тока
10. Проверка трансформаторов тока по допустимой погрешности
11. Проверка трансформаторов тока на отсутствие вибрации
12. Проверка трансформаторов тока по перенапряжению
13. Максимальная токовая защита линий
14. Токовая отсечка
15. Направленная защита
16. Защита от короткого замыкания на землю в сетях с заземленной нейтралью
17. Защита от короткого замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью
18. Продольная дифференциальная защита линий
19. Поперечная дифференциальная защита линий
20. Дистанционная защита линий
21. Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов
22. Виды защит трансформаторов
23. Защита трансформаторов от сверхтоков при внешних КЗ
24. Защита трансформаторов от перегрузки
25. Токовая отсечка при защите трансформаторов
26. Дифференциальная защита трансформаторов
27. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформаторов
28. Токи намагничивания силовых трансформаторов при включении
29. Токовая защита от замыканий на корпус трансформатора
30. Основные требования к защите электродвигателей
31. Основные виды защит применяемых на электродвигателях
32. Защита электродвигателя от замыканий одной фазы на землю
33. Защита электродвигателя от перегрузки
34. Защита электродвигателя от понижения напряжения
35. Особенности защиты блоков генератор – трансформатор
36. Защита блока генератор – трансформатор
37. Защита генератора от сверхтоков при внешних КЗ
38. Защита блока генератор – трансформатор при перегрузках
39. Защита блока генератор – трансформатор от несимметричных режимов
40. Дифференциальная защита на блоках генератор – трансформатор

### Методические материалы для выполнения курсовой работы:

**Тема:** Проектирование и расчет подстанции промышленного предприятия.

#### 1 Исходные данные к проектированию релейной защиты.

Для выполнения расчётов должны быть следующие данные (задание на курсовой проект):

1. Схема защищаемой сети и параметры системы
2. Режимы заземления нейтралей силовых трансформаторов 110 кВ и выше.
3. Типы реле, на которых выполняется защита.
4. Параметры трансформаторов тока и напряжения и их место установки.
5. Величины максимальных рабочих токов ( $I_{\text{раб макс}}$ ).
6. Максимальные и минимальные значения токов короткого замыкания в соответствующих точках сети.
7. Коэффициент самозапуска.

Данные для КП следует брать из ранее выполненного курсового проекта по дисциплине «Электрические станции и подстанции», а именно: однолинейную схему, параметры сети, оборудования и т.д. (у каждого студента своя схема и свои параметры по варианту матрицы).

#### Расчет токов короткого замыкания.



Максимальное значение тока короткого замыкания необходимо для определения уставок токовых отсечек (короткое замыкание в конце защищаемой линии) и уставок дифференциальных защит и трансформаторов. Знание минимального значения тока короткого замыкания необходимо для проверки чувствительности защит.

Если установленное оборудование проверяется по токам К.З. с учетом перспективного развития энергосистемы, то расчеты уставок релейной защиты требуют знания токов К.З. для конфигурации сети и мощности системы на настоящий момент. Так как требуется знание максимального и минимального токов К.З. в одной и той же точке, то возникает вопрос как правильно выбрать режимы работы системы.

допустим, что параметры защищаемой линии и трансформатора известны, то при расчете токов К.З. необходимо знание сопротивления системы работающей в максимуме ( $X_{с\ макс}$ ) и сопротивление системы работающей в минимуме ( $X_{с\ мин}$ ;  $X_{с\ макс} \leq X_{с\ мин}$ ).

$X_{с\ макс}$  - определяется при всех подключенных генераторах системы и параллельных линиях;

$X_{с\ мин}$  - определяется когда только часть генераторов системы находятся в работе и параллельно работающих линий.

Кроме этого при расчете защит трансформаторов следует учитывать наличие РПН (регулировки напряжения под нагрузкой), что меняет сопротивление трансформатора [Л.1] и следовательно сказывается на величину токов К.З. В качестве примера рассмотрим следующую конфигурацию сети (рис. 1), в которой необходимо рассчитать токи К.З. в конце линии Л1 питающей предприятие.

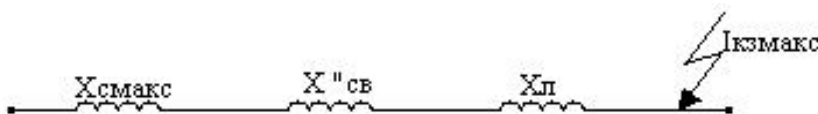
Населенный пункт, где находится предприятие связан с энергосистемой Г1 и Г2. Кроме того на территории населенного пункта имеется электростанция Г3 (рис. 1). Определяем  $X_{с\ макс}$  при условии, что подключены и работают все три источника.

Определяем при аварийной ситуации, когда связь с Г1 и Г2 потеряна и питание подается от Г3.

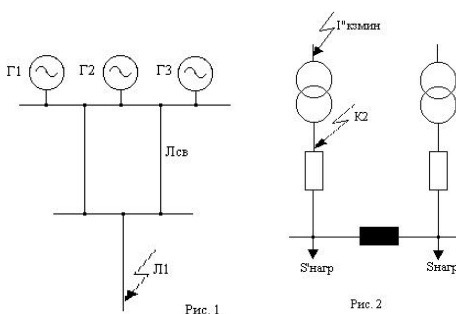


$$I_{кзмин}^{(3)} = \frac{U\phi}{X_{смин} + X'_{св} + X_{л}}$$

где:  $X_{л}$  - сопротивление линии



$$I_{кзмакс}^{(3)} = \frac{U\phi}{X_{смакс} + X''_{св} + X_{л}}$$



где:  $X'_{св}$ ;  $X''_{св}$ - сопротивление связи соответственно при отсутствии в работе параллельных линий и при их наличии.

При расчете токов К.З. за трансформатором (точка  $K_2$ ) необходимо будет учесть РПН.

Если заводом-изготовителем не указываются величины напряжений ( $\frac{U_{кз\%}}{100} \approx X_{т\ p}$ ) в зависимости от положения регулирующего устройства, следует определить  $X_{т\ макс}$  и  $X_{т\ мин}$  следующим образом:

$$X_{т\ p\ N} = \frac{U_{кзN\%} * U_{вн}^2 * \alpha^2}{100 * S_{т\ p}}$$

где  $X_{т\ p\ N}$  - сопротивление трансформатора на N ступени регулирования;  
 $U_{кзN}$  - напряжение короткого замыкания на N ступени регулирования (справочная величина);  
 $U_{вн}$  - номинальное напряжение трансформатора

$\alpha=1\pm\Delta U$ ;  $\Delta U$  - отклонение напряжения от среднего (номинального значения).

При этом следует помнить, что у выпускаемых в настоящее время трансформаторов сопротивление может меняться как в большую так и в меньшую сторону при регулировании напряжения в сторону повышения, аналогично и в сторону понижения.

### Защита трансформаторов на ГПП.

На трансформаторах ГПП устанавливаются следующие защиты:

#### 1. Дифференциальная защита.

Для трансформаторов мощности 6300 кВа и более (за исключением схем, где трансформатор подключен к линии без выключателя на высокой стороне). Допускается предусматривать дифференциальную защиту на трансформаторах меньшей мощности - 4000 кВа при параллельной работе трансформаторов, если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, МТЗ имеет выдержку более 0,3 сек и отсутствует газовая защита.

#### 2. Токовая отсечка без заземления от замыкания между фазами.

Устанавливается со стороны питания. применяется в случаях когда отсутствует дифференциальная защита. За исключением случая, когда имеется трансформатор без выключателя на высокой стороне у которого отсутствуют встроенные трансформаторы тока.

3. Максимальная токовая защита.

4. Газовая защита.

5. Защита от перегруза.

### 2 Исходные данные:

$S_{кз макс}$  - максимальная мощность короткого замыкания на шинах высокого напряжения;

$S_{кз мин}$  - минимальная мощность короткого замыкания на шинах высокого напряжения;

$U_{нвн}$  - номинальное напряжение со стороны высокого напряжения;

$U_{ннн}$  - номинальное напряжение со стороны низкого напряжения;

$\Delta U$  - пределы регулирования напряжения трансформатора;

$n$  - число используемых ступеней регулирования напряжения трансформатора;

$U_{нкз \%}$  - напряжение короткого замыкания при номинальном значении напряжения;

$U_{мин кз \%}$  - то же при минимальном значении регулируемого напряжения;

$U_{в кз \%}$  - то же при максимальном значении регулируемого напряжения;

$S_T$  - мощность трансформатора;

Предполагается раздельная работа трансформаторов

$S_{нагр}$  - мощность подключенной нагрузки к Тр1;

$S'_{нагр}$  - то же к Тр2 (рис.2)

### 3 Расчет токов короткого замыкания.

Определяем сопротивление системы в минимуме ( $X_{с мин}$ ) и в максимуме ( $X_{с макс}$ ),

$$X_{с мин} = \frac{U_{ср вн}^2}{S_{кз мин}} ; \quad X_{с макс} = \frac{U_{ср вн}^2}{S_{кз макс}}$$

где  $U_{ср вн}$  - среднее значение напряжения на высокой стороне.

Минимальное значение регулируемого напряжения определяется выражением:

$$U_{мин вн} = U_{нвн} - \frac{U_{нвн} * \alpha * N}{100}$$

То же для максимального значения

$$U_{в вн} = U_{нвн} + \frac{U_{нвн} * \alpha * N}{100}$$

где  $\alpha$  - регулирование напряжения одной ступенью, в процентах;

$N$  - число ступеней.

Сопротивление трансформатора при  $U_{мин кз \%}$

$$X_{Тр мин} = \frac{U_{мин кз \%} * U_{мин вн}^2}{100 * S_T}$$

То же при  $U_{вкз}\%$

$$X_{Гр\max} = \frac{U_{вкз}\% * U^2_{ВВН}}{100 * S_{Гр}}$$

$$I^{(3)}_{кз\max} = \frac{U_{минВН}}{\sqrt{3} * (X_{с\max} + X_{Гр\min})}$$

$$I^{(3)}_{кз\min} = \frac{U_{ВВН}}{\sqrt{3} * (X_{с\min} + X_{Гр\max})}$$

Значения токов в данном расчете приведены к стороне высокого напряжения. При необходимости можно привести токи к стороне низкого напряжения:

$$I_{кз\max} = I_{кз\max} * \frac{U_{НВН}}{U_{ННН}}$$

$$I_{кз\min} = I_{кз\min} * \frac{U_{НВН}}{U_{ННН}}$$

Регулирование напряжения на стороне высокого напряжения понижающего трансформатора приводит к изменению соотношения токов по сравнению со средним положением устройства регулирования, приближенно можно считать, что при изменении напряжения в сторону уменьшения, ток на стороне высокого напряжения увеличивается, а на стороне низкого - сохраняется неизменным.

$I_{кз,\max}$  - необходимо знать при выборе тока срабатывания отсечки определения тока небаланса в дифференциальной защите;

$I_{кз\min}$  - для проверки чувствительности дифференциальной защиты;

$I''_{кз\min}$  - для проверки чувствительности токовой отсечки.

В том случае, если используются не все отпайки, то сопротивления трансформатора в соответствующих крайних точках будут:

$$U^{минкз}\% = U_{Нкз} + \frac{(U_{минкз} - U_{Нкз}) * n}{N}$$

$$U^{вкз}\% = U_{Нкз} + \frac{(U_{вкз} - U_{Нкз}) * n}{N}$$

#### 4 Расчет максимальной токовой защиты.

Определяем коэффициент самозапуска: сопротивление обобщенной нагрузки при отсутствии потребителей напряжением 6,10 кВ равно:

$$X_{нагр} = \frac{X_{нагр} * U^2_{минВН}}{S_{нагр}}$$

$S_{нагр}$  - нагрузка наиболее загруженного трансформатора.

Ток самозапуска:

$$I_{сзп} = \frac{U_{минВН}}{\sqrt{3} * (X_{с\max} + X_{Гр\min} + X_{нагр})}$$

Рабочий максимальный ток менее загруженного трансформатора:

$$I_{раб\max} = \frac{S_{нагр}}{\sqrt{3} * U_{минВН}}$$

Первичный ток срабатывания МТЗ без пуска по напряжению вычисляем по формуле:

$$I_{сз} = K_H * (I_{рабмакс} + I_{сзп})$$

Определим  $I_{сзп}$  в режиме, когда секционный выключатель включен и трансформатор работает с перегрузкой  
 $S''_{нагр} = S'_{нагр} + S_{нагр}$

$$X_{нагр} = \frac{0,35 * U^2_{минвн}}{S''_{нагр}}$$

$$I_{сзп} = \frac{U_{минвн}}{\sqrt{3} * (X_{смакс} + X_{тp мин} + X_{нагр})}$$

$$I_{сз} = \frac{K_H * I_{сзп}}{K_B}; I_{ср} = \frac{K^{(3)}_{сх} * I_{сз}}{N_{т т}}$$

$$K_{ч} = \frac{I_{р мин}}{I_{ср}} \geq 1,5$$

Из двух полученных значений  $I_{сз}$  принимаем большее.  
 Затем проверяем чувствительность.

$I_{р мин} = \frac{I_{кз мин} * 1,5}{N_{т т}}$  - для схемы соединения трансформаторов тока в треугольник, схема соединения обмоток силового трансформатора Y/Δ

$I_{р мин} = \frac{I^{(2)}_{кз мин} * K^{(2)}_{сх}}{N_{т т}}$  - для схемы Y/Y

$K^{(2)}_{сх}; K^{(3)}_{сх}$  - коэффициенты схемы при двух и трехфазном К.З.

$I_{р мин} = \frac{\alpha * I^{(2)}_{кз мин}}{N_{т т}}$  - схема соединения обмоток силового трансформатора Δ/Y

где:  $\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$  - для схемы соединения т.т. в неполную звезду,

$\alpha = \frac{2}{\sqrt{3}}$  - для схемы соединения т.т. в звезду или в неполную звезду

(в обратном проводе имеется реле).

Если величина коэффициента чувствительности значительна и  $I_{сз} < 4I_{н}$ , то принимаем  $I_{сз} = 4I_{н}$  для обеспечения надежности, коэффициент чувствительности при этом не должен быть меньше 1,5.

## 5 Дифференциальная защита трансформатора с односторонним питанием.

### Исходные данные

$S_{тр}$  - мощность трансформатора;

$U_{вн}; U_{нн}$  - напряжения соответственно стороны высокого напряжения и низкого;  
 - группа соединения;

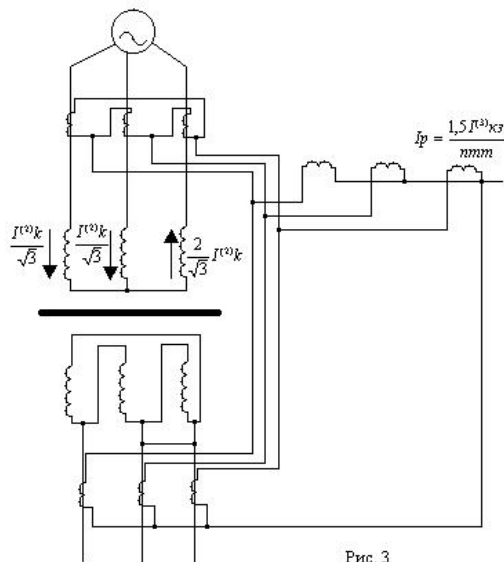
$X_{с макс}$  - сопротивление системы в максимуме;

$X_{с мин}$  - сопротивление системы в минимуме;

$I^{(3)}_{кз макс}$  и  $I^{(3)}_{кз мин}$  определяются согласно (Л.3) при сопротивлении трансформатора соответствующего среднему значению напряжения. Ряд авторов рекомендуют определение  $I^{(3)}_{кз макс}$  и  $I^{(3)}_{кз мин}$  при учете изменения сопротивления трансформатора, связанного с регулированием напряжения.

Дифференциальная защита понижающих трансформаторов в схемах электроснабжения выполняются на РТ-40, РНТ-565, ДЗТ-11.

1. Дифференциальная защита (дифференциальная токовая отсечка) на реле РТ-40.



Возможно применение при защите двухобмоточных трансформаторов с односторонним питанием при условии, что небольшое отличие  $I^{(3)}_{кз\ макс}$  и  $I^{(3)}_{кз\ мин}$  на выводах трансформатора со стороны противоположенной питанию и если коэффициент трансформации трансформаторов тока подобран таким образом, что токи в реле отличаются один от другого в пределах пяти процентов.

Выбор тока срабатывания ( $I_{сз}$ ) производится по следующим условиям:

а) по условию отстройки от расчетного максимального тока небаланса:

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб}$$

$$I'_{нб} = K_a K_{одн} f_i I^{(3)}_{кз\ макс}$$

$K_a=2$  - коэффициент апериодической составляющей;

$K_{одн}=1$  - коэффициент однотипности;

$f_i$  - десятипроцентная погрешность трансформаторов тока;

$I^{(3)}_{кз\ макс}$  - трехфазный максимальный ток на выводах трансформатора со стороны противоположной питанию, приведенный к напряжению питающей стороны.

$$I''_{нб} = \frac{\Delta U\%}{100} * I^{(3)}_{кз\ макс} \quad \text{- обусловлена регулированием напряжения}$$

под нагрузкой.

$$I'''_{нб} = \frac{I_{ном1} - I_{ном2}}{I_{ном1}} * I^{(3)}_{кз\ макс}$$

где  $I_{ном1}$  и  $I_{ном2}$  - вторичные номинальные токи в плечах защиты соответственно с питающей и приемной сторон защищаемого трансформатора.

$$I_{ном1} = \frac{I_{номвн} * K_{схвн}}{N_{вн}}$$

$$I_{ном2} = \frac{I_{номнн} * K_{схнн}}{N_{нн}}$$

где:  $I_{номвн}$  и  $I_{номнн}$  - первичный номинальный ток защищаемого трансформатора соответственно на стороне высокого, низкого напряжения;

$K_{схвн}$  и  $K_{схнн}$  - коэффициент схемы соответственно сторон высокого и низкого напряжения;

$N_{вн}$  и  $N_{нн}$  - коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Коэффициент трансформации трансформаторов тока выбирается из условия, чтобы ток в реле в номинальном режиме не отличался значительно от пяти ампер.

$$n'_{расвн} = \frac{I_{номвн} * K_{схвн}}{5} ; n'_{раснн} = \frac{I_{номнн} * K_{схнн}}{5}$$

где  $n'_{расвн}$  и  $n'_{раснн}$  - расчетные значения коэффициентов трансформации трансформаторов тока на стороне высокого и низкого напряжения.

Округляем до стандартного значения.

Таблица 1

Шкала номинальных первичных токов (по ГОСТ 7746-68)
1; 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 80; 100; 150; 200; 250;
300; 400; 500; 600; 750; 800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000;
4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 14000; 16000; 18000;
20000; 25000; 28000; 32000; 35000; 40000.

б) по условию отстройки от броска тока намагничивания

$$I_{сз} = (3 \div 4) I_{нор мвн}$$

Из пунктов "а" и "б" выбираем большее значение тока срабатывания.

Ток срабатывания определяем по выражению

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K^{(3)}_{схвн}}{N_{вн}}$$

Проверка чувствительности

$$K_{ч} = \frac{I_p}{I_{ср}}$$

где:  $I_p$  - ток в реле при двухфазном минимальном коротком замыкании на выводах трансформатора, со стороны противоположной питанию.

$$I_p = \frac{1,5 * I^{(3)}_{кзмин}}{n_{вн}}$$

при условии, что защищается трансформатор со схемой соединения обмоток трансформатора Y/Δ при питании со стороны звезды (рис. 3)

Если защита на РТ-40 не проходит, то ее следует считать на реле РНТ-565, либо ДЗТ-11.

2. Дифференциальная защита на реле РНТ-565 двухобмоточного трансформатора с односторонним питанием.

Выбор тока срабатывания ( $I_{сз}$ ) производится по следующим условиям:

а) отстройка от тока небаланса

$$I_{сз} = 1,3 * I_{нб}$$

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб}$$

$I'_{нб}$  - обусловлена десятипроцентной погрешностью трансформатора тока.

$$I'_{нб} = K_a K_{одн} I^{(3)}_{кз макс}$$

$K_a=1$  - принимается равным единице из-за наличия быстронасыщающейся магнитной системы.

$$I''_{нб} = \frac{\Delta U \%}{100} * I^{(3)}_{кз макс}$$

$$I'''_{нб} = \frac{W_{расчн} - W_n}{W_{расчн}} * I^{(3)}_{кз макс}$$

$W_n$  - принятое число витков на неосновной стороне

$W_{расчн}$  - расчетное число витков на неосновной стороне.

Расчет защиты ведется методом последовательных приближений, так как для определения числа витков необходимо знать ток срабатывания защиты, а для определения тока срабатывания защиты необходимо знать все три составляющие тока небаланса. Поэтому в начале расчета определяют ток срабатывания, исходя из двух составляющих тока небаланса;

б) Отстраиваются от броска тока срабатывания при работе трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой.

$$I_{сз} = 1,3 * I_{ном}$$

$I_{ном}$  - номинальный ток трансформатора, приведенный к тому же напряжению что и  $I_{нб}$ .

Выбираем большее, определенное по пунктам "а" и "б". При этом возможны два варианта:

1 вариант.

Определяющим является отстройка от тока небаланса

$$I_{сз} = 1,3 * I_{нб}$$

1. Определяем номинальные токи трансформатора со стороны высокого и низкого напряжения

$$I_{номвн} = \frac{S_{мп}}{\sqrt{3}U_{вн}}; I_{номнн} = \frac{S_{мп}}{\sqrt{3}U_{нн}}$$

2. Определяем коэффициент трансформации трансформатора тока

$$n'_{расвн} = \frac{I_{номвн} * K_{схвн}}{5}; n'_{раснн} = \frac{I_{номнн} * K_{схнн}}{5}$$

Округляем до стандартного значения.

3. Определяем ток в реле при номинальной нагрузке защищаемого трансформатора.

$$I_{рвн} = \frac{I_{номвн} * K_{схвн}}{n_{вн}}; I_{рнн} = \frac{I_{номнн} * K_{схнн}}{n_{нн}}$$

4. Определяем чувствительность защиты по высокой стороне, это вызвано тем, что при внутреннем коротком замыкании имеет место, при одностороннем питании, ток с высокой стороны, причем число витков, выставляемых на реле, берется округленным.

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K_{схвн}}{n_{вн}}$$

$I_{сз}$  - ток срабатывания защиты приведенный к стороне высокого напряжения.

$$K_{ч} = \frac{I_p}{I_{ср}} \geq 2$$

$I_p$  - ток в реле при минимальном двухфазном коротком замыкании на выводах трансформатора со стороны, противоположной питанию.

При коэффициенте чувствительности меньше двух, или тока срабатывания защиты значительно больше номинального тока защищаемого трансформатора ( $I_{сз} > 2 \div 3 I_{ном}$ ) в этом случае необходимо применение ДЗТ-11.

Принимает одну из сторон за основную, при этом сравниваются токи  $I_{рвн}$ ;  $I_{рнн}$  и та сторона, где ток больше принимается за основную

	Основная сторона высокого напряжения	Основная сторона низкого напряжения
Ток срабатывания реле	$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K_{схвн}}{n_{вн}}$ $I_{сз}$ приведено к напряжению высокой стороны	$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K_{схнн}}{n_{нн}}$ $I_{сз}$ приведено к напряжению низкой стороны

Расчетное число витков на основной стороне	$W_{pocн} = \frac{100}{I_{cp}}$	
	Округляем только в меньшую сторону. При округлении в большую сторону уменьшается ток срабатывания защиты, что может привести к ложному срабатыванию защиты ( $W_{ocн}$ )	
Расчетное число витков на неосновной стороне	$W_{pн} = \frac{W_{ocн} * I_{pвн}}{I_{pнн}}$	$W_{pн} = \frac{W_{ocн} * I_{pнн}}{I_{pвн}}$
Принятое число витков на неосновной стороне	Округление опускается в любую сторону	
Третья составляющая тока небаланса	$I'''_{нб} = \frac{W_{pасчн} - W_{н}}{W_{pасчн}} * I^{(3)}_{кзмакс}$	
Ток небаланса с учетом третьей составляющей	$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб}$	
Проверка чувствительности	Вновь проверяется чувствительность, если предыдущее значение $K_{ч}$ было близко к двум. При $K_{ч} > 2$ определяем ток срабатывания реле	
Ток срабатывания реле	$I_{cp} = \frac{I_{c3} * K^{(3)}_{схвн}}{N_{вн}}$	$I_{cp} = \frac{I_{c3} * K^{(3)}_{схнн}}{N_{нн}}$
	$I_{c3}$ - приведено к основной стороне.	

Повторение расчета следует продолжать до тех пор, пока предыдущее значение тока срабатывания защиты не окажется больше или равным последнему значению.

Расчетное число витков на основной стороне	$W_{pocн} = \frac{100}{I_{cp}}$	$W_{pocн} = \frac{100}{I_{cp}}$
Принятое число витков на основной стороне	$W_{ocн}$ - округляем только в меньшую сторону	
Определяем ток срабатывания реле по основной стороне	$I_{cp} = \frac{100}{W_{ocн}}$	$I_{cp} = \frac{100}{W_{ocн}}$
Определяем ток срабатывания защиты, приведенный к основной стороне с учетом округленного значения числа витков.	$I_{c3} = \frac{I_{cp} * N_{вн}}{K_{схвн}}$	$I_{c3} = \frac{I_{cp} * N_{нн}}{K_{схнн}}$
Расчетное число витков на неосновной стороне	$W_{pн} = \frac{W_{ocн} * I_{pвн}}{I_{pнн}}$	$W_{pн} = \frac{W_{ocн} * I_{pнн}}{I_{pвн}}$
Принятое число витков на неосновной стороне.	Округление допускается в любую сторону	
Третья составляющая тока небаланса	$I'''_{нб} = \frac{W_{pасчн} - W_{н}}{W_{pасчн}} * I^{(3)}_{кзмакс}$	
Ток небаланса с учетом третьей составляющей	$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб}$	

Сравнивается предыдущее (п. стр. ) и (п. стр. ) - значение тока срабатывания защиты.

По окончательному результату тока срабатывания определяется коэффициент чувствительности.

В заключении следует провести проверку трансформатора тока на десятипроцентную погрешность.

2 вариант

Ток срабатывания защиты определяется отстройкой от броска тока намагничивания.

$$I_{c3} = 1,3 I_{ном} \quad (1,3 I_{ном} > 1,3 I_{нб})$$

Во втором варианте возможны два случая:

а) после определения числа витков и по ним третьей составляющей тока небаланса, величина тока срабатывания защиты будет определяться отстройкой от тока небаланса, т.о.



$$I_{сз} = 1,3I_{нб} \quad (I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб})$$

б) после определения числа витков и по ним третьей составляющей тока небаланса, величина тока срабатывания защиты по прежнему будет определяться отстройкой от броска тока намагничивания. В этом случае следует остановиться на числе витков полученных при расчете, исходя из тока срабатывания защиты определенного отстройкой от броска тока намагничивания.

При расчете дифференциальной защиты трехобмоточного трансформатора для схем электроснабжения заводов в основном необходимы следующие варианты установки тормозной обмотки.

Питание осуществляется с одной стороны, определяющей при выборе тока срабатывания защиты при расчете на реле РНТ-565 является отстройка от тока небаланса. Защита по чувствительности на реле РНТ-565 не проходит.

В этом случае применяется реле ДЗТ-11 и тормозная обмотка устанавливается на разность плеч средней и низкой стороны (рис. 4).

Определяем ток небаланса при н.з. со стороны 2

$$I_{нб2} = I'_{нб} + I''_{нб} = \left(0,1 + \frac{\Delta U1\%}{100} + \frac{\Delta U2\%}{100}\right) * I_{кзмакс2}$$

То же при н.з. со стороны 3

$$I_{нб3} = \left(0,1 + \frac{\Delta U1\%}{100}\right) * I_{кзмакс3}$$

где:  $I_{кзмакс2}$  и  $I_{кзмакс3}$  - максимальный трехфазный ток К.З. на соответствующих сторонах, приведенные к одному напряжению;

$\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  - регулирование напряжения под нагрузкой на соответствующих сторонах трансформатора.

Определяем ток срабатывания защиты на реле РНТ-565

$$I_{сз} = 1,3I_{нб2}$$

$$I_{сз} = 1,3I_{нб3}$$

$$I_{сз} = 1,3I_{ном}$$

$I_{ном}$  - номинальный ток трансформатора приведенный к тому же напряжению что  $I_{нб2}$  и  $I_{нб3}$

Из (1÷3) выбираем большее значение, проверяем чувствительность по минимальному току н.з. на выводах со стороны 2 или 3

$$1,3I_{нб2} \rangle 1,3I_{ном}$$

$$1,3I_{нб3} \rangle 1,3I_{ном}$$

и коэффициент чувствительности меньше двух считаем дифференциальную защиту на реле ДЗТ-11

$$I_{сз} = 1,5I_{ном}$$

и тормозную обмотку ставим согласно (рис. 4).

2. Питание одностороннее (рис. 5).

$$I_{сз} = 1,3I_{нб2}$$

$$I_{сз} = 1,3I_{нб3}$$

$$I_{сз} = 1,3I_{ном}$$

По чувствительности защита на реле РНТ-565 не проходит

$$1,3I_{нб2} \rangle 1,3I_{нб3}$$

$$1,3I_{нб2} \rangle 1,3I_{ном}$$

$$1,3I_{ном} \rangle 1,3I_{нб3}$$

В этом случае защита так же выполняется на реле ДЗТ-11, тормозная обмотка ставиться со второй стороны (рис. 5)

$$I_{сз} = 1,5I_{ном}$$

В данном случае (рис. 5) в качестве основной стороны взята сторона 3

$$W_{осн} = W_p$$

$$W_{H1} = W_p + W_{1ур}$$

$$W_{H2} = W_p + W_{2ур}$$

$$W_m = \frac{1,5 I_{нб} * W_{H2}}{I_{кзмакс} * 0,87}$$

$I_{нб}$ ;  $I_{кзмакс}$  - приведены к одному напряжению.  
Если основная сторона 2, то присоединение обмотки ДЗТ-11 показано на (рис. 6)

$$W_{осн} = W_p$$

$$W_{H1} = W_p + W_{1ур}$$

$$W_{H2} = W_p + W_{2ур}$$

$$W_m = \frac{1,5 I_{нб} * W_p}{I_{кзмакс} * 0,87}$$

Основная сторона 1 (рис. 7).

$$W_{осн} = W_p$$

$$W_{H2} = W_p + W_{1ур}$$

$$W_{H3} = W_p + W_{2ур}$$

$$W_m = \frac{1,5 I_{нб} * W_{H3}}{I_{кзмакс} * 0,87}$$

### Двухстороннее питание

При двухстороннем питании со стороны среднего и высокого напряжения, без учета подпитки от двигателей и регулирования напряжения на сторонах среднего и высокого напряжения токи небаланса определяются аналогично выше приведенным (стр. 14). Место установки тормозной обмотки выбирается следующим образом: задаваясь местом установки тормозной обмотки последовательно на всех сторонах, определяются значения максимального расчетного тока небаланса при отсутствии торможения и тока срабатывания защиты по условию отстройки от броска тока намагничивания для всех рассматриваемых вариантов установки тормозной обмотки. Сравнивая полученные варианты тормозную обмотку ставим таким образом, чтобы обеспечить наибольшую чувствительность защиты.

### Порядок расчета

	Напряжение		
	высшее	среднее	низшее
Первичные токи, соответствующие номинальной мощности трансформатора	$I_{вн} = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} * U_{вн}}$	$I_{сн} = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} * U_{сн}}$	$I_{нн} = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} * U_{нн}}$
Расчетные коэффициенты трансформации трансформаторного тока	$N_{рвн} = \frac{I_{вн} * K_{схвн}}{5}$	$N_{рсн} = \frac{I_{сн} * K_{схсн}}{5}$	$N_{рнн} = \frac{I_{нн} * K_{схнн}}{5}$
Принятые значения (см. табл. 1)	$N_{вн}$	$N_{сн}$	$N_{нн}$
Вторичные токи в плечах защиты, соответствующие номинальной мощности трансформатора	$I_{рвн} = \frac{I_{вн} * K_{схвн}}{N_{вн}}$	$I_{рсн} = \frac{I_{сн} * K_{схсн}}{N_{сн}}$	$I_{рнн} = \frac{I_{нн} * K_{схнн}}{N_{нн}}$
Первичный ток срабатывания защиты выбранный по условию отстройки от броска тока намагничивания	$I_{сз} = 1,5 I_{рвн}$	$I_{сз} = 1,5 I_{рсн}$	$I_{сз} = 1,5 I_{рнн}$
Расчетный ток срабатывания реле	$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K_{схвн}}{N_{вн}}$	$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K_{схсн}}{N_{сн}}$	$I_{ср} = \frac{I_{сз} * K_{схнн}}{N_{нн}}$
Расчетное число витков	$W_p = \frac{100}{I_{ср}}$	$W_p = \frac{100}{I_{ср}}$	$W_p = \frac{100}{I_{ср}}$

Принятое число витков дифференциальной обмотки на стороне с наибольшим током. Причем числа витков округляются только в меньшую сторону	$W_{диф}$
Число витков обмотки на других сторонах	$W_H = W_{диф} * \frac{I_{р\text{большее}}}{I_p}$ где: $I_{р\text{большее}}$ - максимальный ток на $I_{р\text{вн}}$ ; $I_{р\text{сн}}$ ; $I_{р\text{нн}}$ $I_p$ - из предыдущих значений, кроме $I_{р\text{большее}}$ - их два
Число витков уравнивающих обмоток	$W_{ур} = W_H - W_{диф}$
Действительный ток срабатывания: первичный ток	$I_{ср} = \frac{100}{W}$ $I_{сз} = \frac{I_{ср} * N_{mm}}{K_{сх}}$

Расчетное число витков тормозной обмотки исходя из условий максимального торможения

$$W_{р\text{т}} = \frac{1,5 I_{нб} * W}{I_{кз\text{макс}} * 0,87}$$

где:  $W$  - число витков стороны, где установлена тормозная обмотка.

Число витков тормозной обмотки округляется в большую сторону ( $W_T$ ).

Проверка чувствительности производится в следующей форме:

1. Намечается точка Н.З. в зоне защиты, при которой чувствительность будет наименьшей (одна из питающих сторон отключена).

2. Определяется Н.С. рабочей обмотки

$$F_{раб} = I_{кз} * \frac{K_{сх}}{N_{mm}} * W$$

где:  $I_{кз}$  - минимальный трехфазный ток, К.З. в зоне защиты, приведенный к напряжению стороны, где установлена тормозная обмотка;

$K_{сх}$  - коэффициент схемы, стороны, где установлена тормозная обмотка и коэффициент трансформации трансформаторов тока.

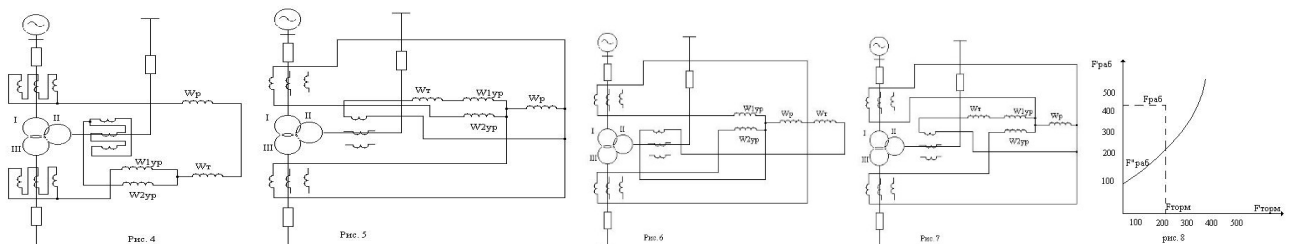
3. Определяется Н.С. тормозной обмотки

$$F_m = I_{кз} * \frac{K_{сх}}{N_{mm}} * W_m$$

На плоскости  $F'_{раб}$ ;  $F'_T$  находится точка соответствующая расчетным значениям и соединяется с началом координат (рис. 8). Пересечение прямой с тормозной характеристикой (при наибольшем торможении).

4. Определяется Н.С. срабатывания

$$K_{ч} = \frac{F_{раб}}{F_{ср}}$$



## 6 Токовая отсечка

Ток срабатывания отсечки берется больше максимального тока К.З. на выводах трансформатора со стороны противоположной питания

$$I_{сз} = K_{отс} * I_{кзмакс}$$

где  $K_{отс}$  - коэффициент отстройки. Его величина зависит от типа применяемого реле и принимается равной соответственно дл реле:

$$РТМ - K_{отс} = 1,6$$

$$РТ-40 - K_{отс} = 1,4$$

$$РТ-80 - K_{отс} = 1,6$$

$I_{сз} = (3÷4)I_{нтр}$  - по условию отстройки от броска тока намагничивания  
коэффициент чувствительности должен быть не менее двух и определяется по следующему выражению:

$$K_{ч} = \frac{I_{ркзмин}}{I_{ср}}$$

где:  $I_{ркзмин}$  - ток в реле при минимальном коротком замыкании перед трансформатором.

$$I_{ркзмин} = \frac{I^{(2)}_{кзмин} * K^{(2)}_{сх}}{N_{тт}} ; I_{ср} = \frac{I_{сс} * K^{(3)}_{сх}}{N_{тт}}$$

если отсечка не проходит по чувствительности то блокировку по напряжению делать не следует. В настоящее время применяется в этом случае более чувствительная дистанционная защита.

### 7 Защита кабельных линий напряжением 6 и 10 кВ

Для кабельных линий 6 и 10 кВ (с малым током замыкания на землю) должны предусматриваться устройства релейной защиты:

1. От многофазных замыканий.

2. От замыканий на землю. с действием на сигнал в случае, когда при помощи устройства контроля изоляции и поочередного отключения присоединений не может быть обеспечено достаточно быстро отыскание места повреждения; с действием на отключение в случаях, когда это необходимо по условиям техники безопасности (например, на линиях, питающих передвижные подстанции и механизмы)

Защита от многофазных К.З. в радиальных сетях на одиночных линиях предусматривается только с питающей стороны и выполняется в виде МТЗ со ступенчатой настройкой выдержки времени в сочетании с токовой отсечкой, где принятая по условиям селективности выдержка времени МТЗ обуславливает затормаживание электродвигателей или снижает эффективность АПВ.

АПВ рекомендуется применять в случаях, когда линия питает несколько подстанций и отсутствует автоматическое включение резерва (АВР).

#### Максимальная токовая защита

В качестве защиты от многофазных К.З. применяется максимальная токовая защита. Защита предусматривается в двухфазном исполнении и включается в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения.

В сложных сетях (кольцевые сети, радиальные сети) в случае необходимости защита выполняется направленной, а так же применяется для упрощения защит и обеспечения их селективного действия - автоматическое деление сети на радиальные участки с последующим автоматическим ее восстановлением.

Ток срабатывания максимальной токовой защиты определяется выражением:

$$I_{сз} = \frac{K_n * K_{сзп} * I_{максраб}}{K_{в}}$$

где  $K_n$  - коэффициент надежности, в зависимости от типа реле может приниматься 1,1 1,2 (реле РТ-40, РТ-30, РТ-90) или 1,2 1,4 (реле РТЗ).

$K_{сзп}$  - коэффициент самозапуска.

В случае, если в нормальной работе (рис. 9) Л1, Л2 работают раздельно, и имеет место ЛВР на случай отключения, например Л2, то ток срабатывания Л1 выбирается из двух условий:

$$I_{сзл1} = K_n(K_{сзп} * I_{максрабл2} + I_{максрабл1})$$

$$I_{сзл1} = \frac{K_n K_{сзп} (I_{максрабл1} + I_{максрабл2})}{K_{в}}$$

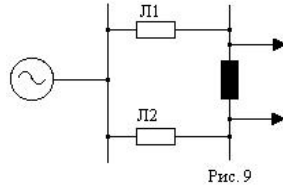


Рис. 9

Условия согласования защит по току требуют чтобы защита, расположенная ближе к источнику питания была менее чувствительна, чем защита, расположенная дальше от источника питания. Допуская, что углы между током и напряжением равны между собой, требуемое условие согласования определяется выражением:

$$I_{сз} = \frac{K_{нс}}{K_p} \left[ (n I_{сзпред})_{макс} + \sum_1^{N-n} I_{рабмакс} (N - n) \right]$$

$K_{нс}$  - коэффициент надежности согласования (соответственно для РТ-40, РТ-80, РТ-90, РТЗ равен 1,25; 1,3-1,4; 1,3-1,4; 1,5);

$K_p$  - коэффициент токораспределения (при одном источнике питания равен единице);

$n$  - число параллельных элементов, потребляющих одинаковый рабочий ток максимальный по величине;

$N$  - общее число присоединений.

Для случая (рис. 10), где согласуется защита 1. Фидер 2,3 имеют одинаковую нагрузку максимальную из фидеров 2+5. В этом случае (при условии что защита фидеров 2 и 3 имеют одинаковый ток срабатывания защит),  $n=2$ ;  $N=4$

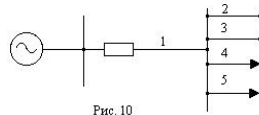


Рис. 10

### 8 Расчет МТЗ выполненный по схеме с дешунтированием катушки отключения.

1. Производится расчет тока срабатывания МТЗ по выражению

$$I_{сз} = \frac{K_n * K_{сзп} * I_{максраб}}{K_{в}} \quad (1)$$

2. Производится проверка трансформаторов тока по десятипроцентной погрешности без учета сопротивления электромагнита отключения (т.е. нагрузка на трансформаторы тока до дешунтирования). Если нагрузка недопустимо велика, то либо выполняют защиту на постоянном оперативном токе, либо применяют специальные меры при применении которых трансформаторы тока работают с погрешностью превышающей 10-го (последовательное соединение трансформаторов тока; увеличение коэффициента трансформации).

3. Проверяется надежность действия катушек отключения по току срабатывания наиболее чувствительной защиты рассматриваемого элемента (линии трансформатора).

$$I_{сз} \geq [(K K_t * K_n * I_{ско}) * K_{сх} + I_{ном}] * N_{тт} \quad (2)$$

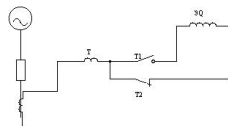
где  $I_{ско}$  - ток срабатывания катушек отключения;

$K_{тс} = 1,1$  - коэффициент, учитывающий неточность тока срабатывания реле относительно тока установки;

$K_n = 1,25$  - коэффициент надежности.

В качестве тока срабатывания выбираются большие значения, полученные по выражениям (1) и (2).

4. Проверяются трансформаторы тока по десятипроцентной погрешности после дешунтирования электромагнита отключения.



Если нагрузка соответствует погрешности более десятипроцентной, то в выражении (2)  $I_{ном}$  определяются расчетом следующим образом.

Ток намагничивания, как это указано "Энергосетьпроект", должен определяться по среднему значению.

$$E2cp = \frac{0,9 * Kmc * Kn * Iско * (Zнрасч + Z2)}{Kcx}$$

$I_{ско}$  - ток срабатывания электромагнита отключения ( $I_{ско} = 5A$ )

Определяем  $B_T$

$$Bm = \frac{E2cp}{4 * S * W2 * f}$$

по  $B=f(H)$  находим  $I_{ном}$

$$I_{ном} = \frac{H * l}{W2}$$

где  $l$  - средняя длина пути магнитного потока в стали трансформатора тока.

5. Проверяется чувствительность ( $Kч \geq 1,5$ ) при  $Kч < 1,5$  выполнять защиту по схеме с дешунтированием электромагнита отключения нельзя.

6. Проверяется надежная работа усиленного переходного реле типов РТ-85; РТ-86; РП-341, способного шунтировать катушки отключения при токах до 150 А. Если эта цепь питается от ТТ и ее полное сопротивление не более 4,5 Ом при токе 3,5 А

$$I_{вмакс} = \frac{Kcx * I_{кмакс}}{Nmt} \leq 150A$$

где  $I_{кмакс}$  - максимально возможный первичный ток.

7. Вычисляется амплитуда напряжения  $U_T$  на зажимах вторичной обмотки ТТ которая не должна превышать 1400 В.

$$Um = Ky * \sqrt{2} * I_{вмас} * Zнрасч$$

Проверка чувствительности производится по выражениям

$$Kч \geq \frac{I_{ркзмин}}{Icp} = 1,5 \quad (3)$$

$$Icp = \frac{Iсз * K^{(3)}cx}{Nmt}$$

$$I_{ркзмин} = \frac{I_{кзмин} * K^{(2)}cx}{Nmt}$$

$K^{(3)}cx$  - коэффициент схемы берется при симметричном режиме;

$K^{(2)}cx$  - коэффициент схемы при двухфазном коротком замыкании, берем его минимальное значение, т.е.  $K^{(2)}cx = 1$ . Кроме схемы соединяем ТТ в треугольник, в трехрелейном исполнении, где  $K^{(2)}cx = 2$  для схем соединения, где реле включено на разность токов  $K^{(3)}cx = \sqrt{3}$ . Для всех других схем  $K^{(3)}cx = K^{(2)}cx$  следовательно, проверка чувствительности может проводиться как по выражению(3), также и по:

$$Kч = \frac{I_{кзмин}}{Iсз}$$

## 9 Защита от замыкания на землю.

При проектировании сетей ток может приближенно определяться следующим образом:

для воздушных линий  $Iс = \frac{U * l}{350}$

для кабельных 
$$I_c = \frac{U * l}{10}$$

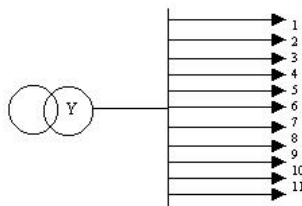
где U - среднее эксплуатационное значение линейного напряжения, кВ;  
l - длина электрически связанной сети данного напряжения, км.

С незаземленными нейтралями могут работать сети 6 кВ при  $I_c \leq 30A$ , 10 кВ при  $I_c \leq 20A$ , 15 - 20 кВ при  $I_c \leq 15A$ , 35 кВ при  $I_c \leq 10A$ .

При больших емкостных токах для их компенсации устанавливаются дугогасящие реакторы типа ЗРОМ, заземляющие реакторы выбираются по полному емкостному току заземления на землю с учетом перспективы на 8-10 лет, и их мощность округляется до ближайшего стандарта.

На подстанциях, трансформаторы которые работают отдельно, при емкостном токе каждой секции, превышающим допустимые значения, дугогасящие реакторы устанавливаются на обеих секциях. Если емкостной ток секции меньше допустимого, а суммарный ток двух секций превышает допустимый, на подстанции устанавливается один дугогасящий реактор, который выбирается по суммарному емкостному току обеих секций и присоединяется к секции с большим током.

Пример:



От подстанции отходят 11 кабельных линий, линейным напряжением  $U_1$  (сеть с изолированной нейтралью). Определить необходимость установки дугогасящего реактора.

Суммарный емкостной ток всех присоединений равен:

$$I_c = \frac{U_1 * l_1}{10} + \frac{U_1 * l_2}{10} + \frac{U_1 * l_3}{10} + \dots + \frac{U_1 * l_{11}}{10}$$

В случае, если  $I_c$  больше допустимого значения тока данного, то необходима установка дугогасящего реактора. Расчетную мощность реактора определяем по:

$$Sp = I_c U \phi$$

$$I_c = \sum_1^i \frac{U * l_i}{10_{(350)}}$$

Выбираем по таблице 2 ближайшее стандартное значение.

Таблица 2

Номинальное напряжение	Мощность, кВА
6	175
6	350
6	700
6	1400
10	300
10	600
10	1200
35	275
35	350
35	550
35	1100

В случае если нет необходимости в установке дугогасящего реактора и суммарный емкостной ток  $I_c$  во много раз превосходит собственные емкостные токи присоединений  $I_{c1}, I_{c2}, \dots$ , то в качестве защиты можно использовать реле РТЗ-30.

Ток срабатывания защиты отстраивается от собственного емкостного тока линии.

Для линии l он равен:  $I_{c3l} = K_n * K_a * \frac{U_1 * l}{10}$

где  $K_n = 1,2$  - коэффициент действия защиты;  
 $K_a = 4 \div 5$  при мгновенном действии защиты;  
 $K_a = 3 \div 4$  при выдержки времени.

Чувствительность защиты на линии l проверяется по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{с}} - I_{\text{лс}}}{I_{\text{сз1}}}$$

Чувствительность считается достаточной, если  $K_{\text{ч}} \geq 1,25$  для кабельных линий и  $K_{\text{ч}} \geq 1,5$  для воздушных линий.

Если же суммарный ток соизмерим с собственными емкостными токами линий, и отсутствует дугогасящий реактор, то учитывая разное направление емкостного тока в поврежденной и неповрежденной линиях защиту выполняют направленной на устройства защиты при однофазных замыканиях на землю ЗЗП-1М.

Первичный ток срабатывания из условия обеспечения  $K_{\text{ч}}$  не менее двух.

Пусть защита установлена на первой линии, тогда ток срабатывания защиты равен:

$$I_{\text{сз}} = \frac{I_{\text{с}} - I_{\text{лс}}}{2}$$

Прижимает ближайшее меньшее значение, учитывая что значение тока срабатывания устройства, измерение в первичной цепи ТНП приведены ниже:

Уставка	Ток, А
1	0,07 30%
2	0,5 30%
3	2 30%

При необходимости установки дугогасящие реакторы в качестве защиты используются устройства УСЗ-2/2 (1)

Для цеховых трансформаторов напряжением 35/0,4; 10/0,4; 6/0,4 кВ должны предусматриваться устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1. Многофазных замыканий в обмотках и на их выводах.
2. Витковых замыканий в обмотках.
3. Однофазные К.З. на землю в сетях с большим током К.З. на землю.
4. Токов в обмотках, обусловленных внешним К.З.
5. Токов в обмотках, обусловленных перегрузкой (если она возможна).
6. Понижение уровня масла.

Для внутрицеховых понижающих трансформаторов мощностью 630кВА и более, газовую защиту следует устанавливать независимо от наличия быстродействующей защиты. Допускается действие газовой защиты на сигнал при интенсивном газообразовании в следующих случаях:

1. На трансформаторах, имеющих отсечку.
2. На внутрицеховых понижающих трансформаторах мощностью 1600кВА и менее (при наличии защиты от К.З. со стороны питания).

В этих случаях следует выполнять отдельную сигнализацию от элементов газового реле (отличающуюся по характеру сигнала).

Для защиты от повреждений на выводах трансформаторов, а так же от внутренних повреждений должна предусматриваться токовая отсечка без выдержки времени. Если же токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, максимальная защита имеет выдержку времени более 0,5с и отсутствует газовая защита, то на трансформаторах мощностью 1000 кВА и более допускается применять дифференциальную защиту.

Защита от внешних К.З. выполняется в виде максимальной токовой защиты. При выполнении МТЗ с выдержкой времени 1с и более допускается для трансформаторов мощностью до 1600 кВА с высшим напряжением 35 кВ и ниже устанавливать токовой отсечки.

На трансформаторах Y/Y•; Δ/Y•; Y/Z• предусматривается защита от однофазных замыканий на землю в сети низшего напряжения осуществляемая при помощи МТЗ от внешних К.З. устанавливаемой на стороне высшего напряжения. На трансформаторах с соединением обмоток Y/Y• трансформаторы тока соединяются в неполную звезду с реле в обратном проводе, если этого требует чувствительность.

Схема на разность токов не применяется для защит трансформаторов с соединением обмоток Y/Δ, т.к. она не работает при одном из двухфазных К.З. (см. рис. 14). Но применяется схема соединения трансформаторов тока на разность токов и для схемы соединения Y/Y• (см. рис. 13).

Таблица 3

	Y/Y•	Δ/Y•	Y/Z•
$\frac{Z_{om}}{Z_{1m}}$	5 - 10	0,7 - 1	0,1 - 0,3
$\frac{r_{om}}{r_{1m}}$	10 - 16	1	0,5

Соотношения между полными сопротивлениями и активными, прямой и нулевой последовательностей трансформаторов даны в таблице 3

Величина тока при однофазном К.З. со стороны 0,4 определяется выражением (6):



$$I_k = \frac{3U\phi}{Z_\phi + Z_{1m} + Z_{2m} + Z_0}$$

$$Z_\phi = \sqrt{(C_\phi + C_n + C_a)^2 + (X''_\phi + X''_n + X')^2}$$

где  $C_\phi$ ;  $X''_\phi$  - соответственно активное и индуктивное сопротивление фазного провода;

$C_n$ ;  $X'_n$  - тоже для нулевого (защитного или рабочего) проводника;

$C_a$  - активное сопротивление переходных контактов цепи фаза-нуль (болтовые соединения на шинах, зажимы на вводах и выводах аппаратов, разъемные контакты аппаратов, контакт в месте К.З.);

$X'$  - внешнее индуктивное сопротивление цепи фаза-нуль.

**Примечание:**

1. Для проводов из цветных материалов внутреннее индуктивное сопротивление можно не учитывать.

2. Внешнее индуктивное сопротивление можно не учитывать при использовании в качестве нулевых проводов четвертой жилы кабелей, алюминиевых оболочек кабелей и стальных труб электропроводки.

Можно принимать:

- для шин и аппаратов -  $x_0 \approx 2x_1$ ;  $c_0 = c_1$
- для трехжильных кабелей -  $x_0 \approx 2x_1$ ;  $c_0 = c_1$
- для четырехжильных кабелей -  $x_0 \approx 2,5x_1$ ;  $c_0 = c_1$

**10 Расчет максимальной токовой защиты.**

Из выпускаемых в настоящее время промышленностью трансформаторов, имеющих схемы соединения обмоток  $Y/Y\bullet$ ;  $\Delta/Y\bullet$ ;  $Y/Z\bullet$  рекомендуется для улучшения чувствительности к коротким замыканиям на землю применять схемы соединения:

При мощности трансформатора  $S_t \geq 400$  кВА -  $\Delta/Y\bullet$

а при  $S_t < 400$  кВА -  $Y/Z\bullet$

Это связано с тем обстоятельством, что сопротивление нулевой последовательности для трансформаторов, имеющих схемы соединения обмоток  $\Delta/Y\bullet$  и  $Y/Z\bullet$  много меньше сопротивления нулевой последовательности при схеме соединения обмоток  $Y/Y\bullet$  (рис. 11 - а, б).

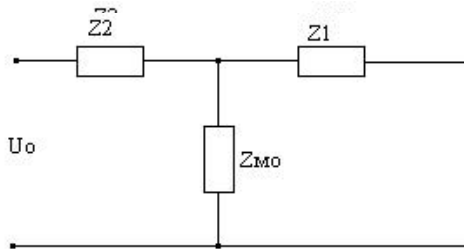


Рис. 11-б

при  $Y/Y\bullet$   $Z_0 = Z'2 + Z_{m0}$

$$\text{при } \Delta/Y\bullet \quad Z_0 \approx Z1 = Z2 = \frac{U_{кз} * U^2_n}{100 * S_n}$$

Рассмотрим распределение токов при коротких замыканиях в различных схемах соединения обмоток силовых трансформаторов:

а) двухфазное К.З.  $Y/Y\bullet$

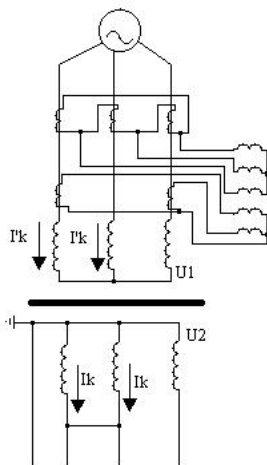


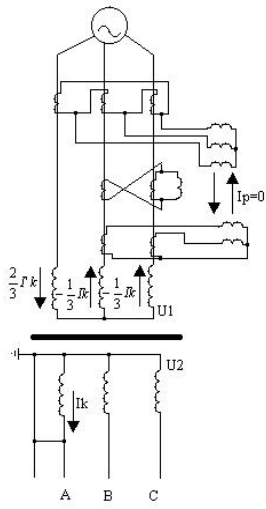
Рис. 12

$$K_\phi = \frac{2I'к}{I_{сз} K^{(3)}_{сх}} = \frac{I^{(3)}_к}{I_{сх}}$$

$$K_\phi = \frac{I'к}{I_{сз}} = \frac{\sqrt{3} * I^{(3)}_{кз}}{2 * I_{сз}}$$

$$I'к = I_k * \frac{U_2}{U_1}$$

Применение схемы соединения трансформаторов тока в звезду чувствительность к двухфазному К.З. не повышает.



б) однофазное К.З.

$$K\chi = \frac{I^{(1)}\kappa}{I_{C3} * \sqrt{3}};$$

при отсутствии реле в обратном проводе:

$$K\chi = \frac{I'\kappa}{3 * I_{C3}};$$

при наличии реле в обратном проводе:

$$K\chi = \frac{2 * I'\kappa}{3 * I_{C3}}$$

Рис. 13

При замыкании фазы "А" на землю  $I_a=I_k$ ;  $I_b=I_c=0$ .

Пользуясь методом симметричных составляющих получаем:

$$I_a=I_{a1}+I_{a2}+I_0$$

$$I_{a1}=I_{a2}=I_0=1/3I_k$$

Учитывая то обстоятельство, что со стороны питания путей замыкания токов нулевой последовательности нет

$$I_a=I_{a1}+I_{a2}=2/3I_k * U_2/U_1; \quad I'_k=I_k * U_2/U_1$$

$$I_b=1/3I_a * U_2/U_1$$

$$I_c=-1/3I_a * U_2/U_1$$

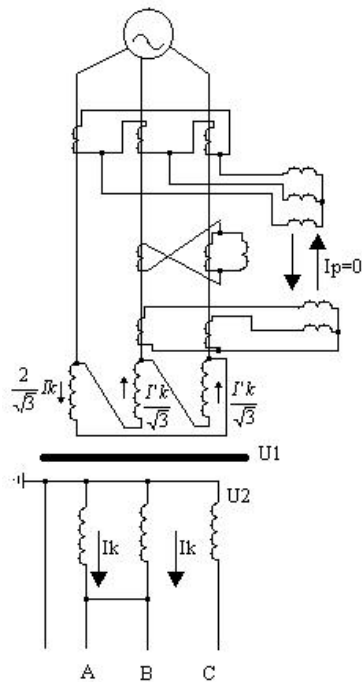
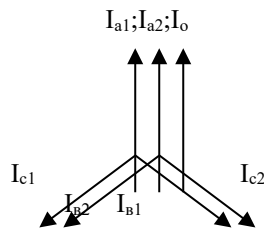


Рис.14

Применение схемы соединения Т.Т. в звезду не дает улучшения чувствительности по сравнению со схемой соединения Т.Т. в неполную звезду с реле в обратном проводе. Следовательно, если схема соединения Т.Т. соединенная в неполную звезду не проходит по чувствительности, то применяют ту же схему с реле в обратном проводе. Если же в этом случае защита не обеспечивает требуемой чувствительности к однофазным К.З. со стороны 0,4 кВ, то следует применить комплекс защиты от межфазных К.З. и отдельный комплект от замыкания на землю. Комплект защиты от коротких замыканий на землю ставится в нейтрали трансформатора со стороны 0,4 кВ. Ток срабатывания защиты от К.З. определяется выражением:

$$I_{C3} = (0,25 \div 0,4) I_{ном}$$

где:  $I_{ном}$  - номинальный ток трансформатора.

в) двухфазное К.З.  $\Delta/Y\bullet$

$$K\chi = \frac{3 * I'\kappa}{\sqrt{3} * I_{C3} * \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} * I^{(3)}\kappa}{2 * I_{C3}}$$

$$K\chi = \frac{I'\kappa}{\sqrt{3} * I_{C3}} = \frac{I^{(3)}\kappa}{2 * I_{C3}}$$

при наличии реле в обратном проводе:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I^{(3)}_{\text{кз}}}{I_{\text{сз}}}$$

Так число витков обмотки фазы, соединенной в треугольник больше числа витков, соединенных в звезду в  $\sqrt{3}$  раза.

То ток фазы "А" обмотки трансформатора равен:

$$I_a = \frac{1}{\sqrt{3}} I_k \frac{U_2}{U_1}; \text{ фазы "В" } I_b = \frac{1}{\sqrt{3}} I_k \frac{U_2}{U_1}; \text{ фазы "С" } I_c = 0$$

Учитывая, что по закону Кирхгофа ток в линиях фазы а,в,с, будет соответственно равен:

$$I_a = \frac{2}{\sqrt{3}} I'_{\text{к}}; I_b = \frac{1}{\sqrt{3}} I'_{\text{к}}; I_c = -\frac{1}{\sqrt{3}} I'_{\text{к}}$$

г) однофазное К.З.

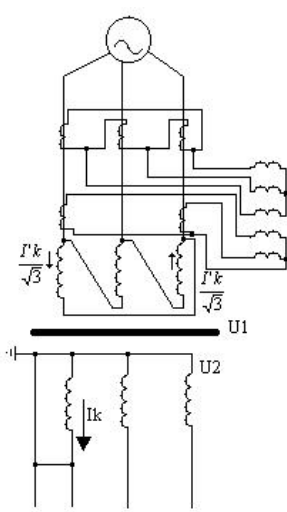


Рис. 15

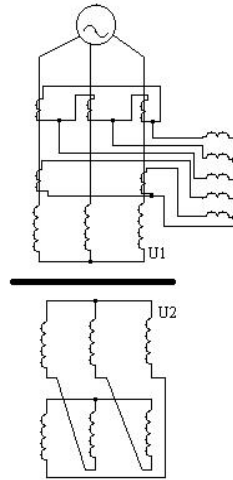


Рис. 16

$$K_{\text{ч}} = \frac{2 * I'_{\text{к}}}{3 * I_{\text{сз}}}$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{I'_{\text{кз}}}{\sqrt{3} * I_{\text{сз}}}$$

д) двухфазное К.З. Y/Z•

$$K_{\text{ч}} = \frac{3 * I'_{\text{к}}}{\sqrt{3} * I_{\text{сз}} * \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} * I^{(3)}_{\text{к}}}{2 * I_{\text{сз}}}$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{I'_{\text{кз}}}{\sqrt{3} * I_{\text{сз}}} = \frac{I^{(3)}_{\text{кз}}}{2 * I_{\text{сз}}}$$

при наличии реле в обратном проводе:

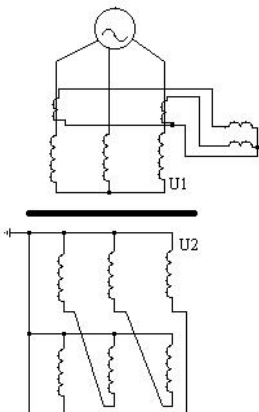


Рис. 17

$$K_{\text{ч}} = \frac{I^{(3)}_{\text{кз}}}{I_{\text{сз}}}$$

е) однофазное К.З.

$$K_{\text{ч}} = \frac{I'_{\text{кз}}}{\sqrt{3} * I_{\text{сз}}}$$

**Максимальная токовая защита с блокировкой по напряжению действующая при междуфазных К.З.**

В случае, если обычная МТЗ не проходит по чувствительности применяют МТЗ с блокировкой по напряжению. При этом коэффициент самозапуска принимается равным единице ( $K_{сзп}=1$ ), и для того, чтобы защита ложно не срабатывала при пуске, действие ее блокируется реле напряжения (однолинейная схема изображена на рис. 1-а)

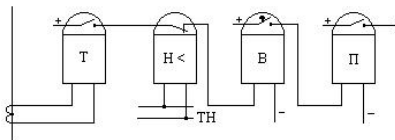


Рис. 1 - а

Возможен и другой вариант рис. 2-а

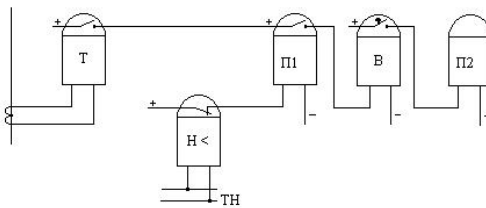


Рис. 2 - а

Ток срабатывания МТЗ с блокировкой по напряжению определяется по следующему выражению:

$$I_{сз} = \frac{K_n I_{максраб}}{K_b}$$

где:  $K_n$  - коэффициент напряженности;  
 $K_n = 1,2$  для реле РТ-40  
 $K_b$  - коэффициент возврата, принять равным 0,85  
 $I_{макс раб}$  - максимальный рабочий ток.

Ток срабатывания реле определяется следующим образом:

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} K^{(3)сх}}{N_{тт}}$$

где:  $K^{(3)сх}$  - коэффициент схемы, соответствующий симметричному режиму;  
 $N_{тт}$  - коэффициент трансформации тока, выбирается исходя из того, чтобы при протекании в линии максимального рабочего тока вторичный ток Т.Т. не отличался значительно от пяти ампер.

$$N_{тт} = \frac{I_{максраб}}{5}$$

$N_{тт}$  - расчетный коэффициент трансформации тт. округляется до стандартного.

Выбор напряжения срабатывания пускового органа по напряжению производится на условия не действия реле при снижении напряжения в момент самозапуска, т.е. контакт реле Н рис. 1-а остается в процессе пуска разомкнутым:

$$U_{сз} = \frac{U_{ост}}{K_n K_b}$$

В данном случае реле напряжения - реле минимального действия, поэтому  $K_b$  - больше единицы. Для реле РН-50  $K_b = 1,15$ ,  $K_n = 1,1 \div 1,2$

Остаточное напряжение определяется параллельно определению коэффициента самозапуска.

### 11 Определение коэффициента самозапуска и остаточного напряжения при самозапуске.

Величина обобщенной нагрузки задается в относительных единицах значением  $X=0,35$ , которое отнесено к максимальной мощности пропускаемой в установившемся режиме. В значение 0,35 входит и сопротивление понижающего трансформатора с нижним напряжением 0,4 кВ.

Ток самозапуска определяется как ток трехфазного К.З. за обобщенной нагрузкой:

$$K_{сзн} = \frac{I_{сзн}}{I_{макср\alpha б}}$$

где:  $I_{сзн}$  - ток самозапуска.

Остаточное напряжение определяется по выражению:

$$U_{ост} = \sqrt{3} I_{сзн} * X$$

где:  $X$  - выраженная в Омах, величина сопротивления, установленного оборудования и линий от места установки защиты.

Если же расчет ведется в относительных единицах или в именованных то:

$$U_{ост} = \frac{U_n * X}{\sum X}$$

где:  $X$  - сопротивление до места К.З. (место К.З. берется за обобщенной нагрузкой).

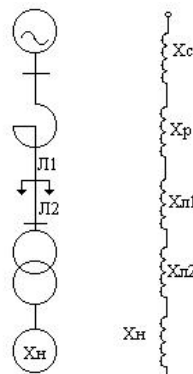


Рис. 3 - а

$$X_n = \frac{0,35 U_n}{\sqrt{3} * I_{длдоп}} \text{ (Ом)}$$

где:  $I_{длдоп}$  - длительно допустимый ток защищаемой линии.

$U_{ном}$  - номинальное напряжение.

Если расчет ведется в относительных единицах, то при условии равенства напряжения базисной ступени трансформации базисному значению напряжения:

$$X_n = \frac{0,35 S_б}{S_n}$$

где:  $S_б$  - базисное значение мощности.

В данном случае знание обобщенной нагрузки соответствует мощности:

$$S_n = \sqrt{3} (I_{длдоп} - n * I_n) * U_n$$

т.е.:

$$X_n = \frac{0,35U_n}{\sqrt{3}(I_{длдоп} - n * I_n)}$$

или в относительных базисных единицах:

$$X_n = \frac{0,35Sб}{\sqrt{3} * U_n * (I_{длдоп} - I_n * n)}$$

Ток самозапуска будет равен:

$$I_{сзн} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \sum X}$$

$$\text{где: } \sum X = X_o + X_p + X_{л1} + X_{л2} + \frac{X_n X_{дв}}{X_n + X_{дв}}$$

## 12 Проверка коэффициента чувствительности

Для измерительного органа токового реле проверка чувствительности осуществляется по следующему выражению:

$$K_{ч} = \frac{I_{ркзмин}}{I_{ср}}$$

где:  $I_{ркзмин}$  - ток в реле при протекании в защищаемой линии минимального тока К.З. Для основной зоны  $K_{ч} \geq 1,5$  и точка К.З. берется в конце защищаемой линии, чувствительной защиты, являющейся резервной проверяется по минимальному току К.З.

$$S_n = \sqrt{3} I_{длдоп} * U_n - \text{мощность обобщенной нагрузки.}$$

Учет нагрузки напряжением 1000 В при определении аналогичных величин производится отдельно. Для этого необходимо знать следующие параметры:

$n$  - число запускаемых двигателей;

$K_n$  - кратность пускового тока двигателей;

$I_n$  - номинальный ток двигателей;

$U_n$  - номинальное напряжение.

В момент пуска сопротивление будет равно:

$$X_{ндв} = \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n * n * K_n} \quad (\text{Ом})$$

В относительных базисных единицах:

$$X_{ндв} = \frac{X_n * U^2_{бст} * Sб}{U^2_n * U^2_б}$$

$$\text{при } U_{бст} = U_б \quad X_{ндв} = \frac{X_n * Sб}{U^2_б}$$

Составляем схему замещения:

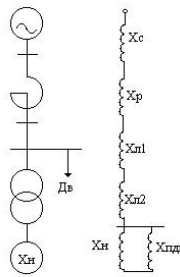


Рис. 4 - а

в конце последующей линии  $K_{\text{ч}} \geq 1,2$ . В случае, если коэффициент схемы, схемы соединения Т.Т. не зависит от вида К.З., то  $K_{\text{ч}}$  можно определять и по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кзмин}}}{I_{\text{сз}}}$$

Чувствительность измерительного органа по напряжению рис. 5 проверяется по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{сз}}}{U_{\text{кзмакс}}}$$

$$K_{\text{ч}} \geq 1,5$$

где:  $U_{\text{кзмакс}}$  - максимальное значение напряжения в месте установки трансформаторов напряжения при К.З. в конце защищаемой линии.

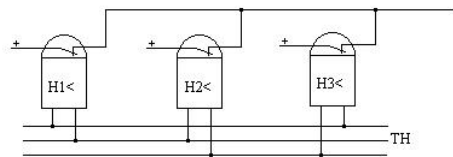


Рис. 5 - а

При использовании в качестве измерительного органа по напряжению рис.6-а

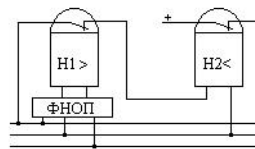


Рис. 6 - а

$$K_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{воз}}}{U_{\text{кзмакс}}}$$

где:  $U_{\text{воз}}$  - напряжение возврата реле  
 ФНОП - фильтр напряжения обратной последовательности.  
 $U_{\text{сзн1}} = 0,06 U_{\text{н}}$

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Электрические станции и подстанции (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject); Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г.

			диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Электрические станции и подстанции</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

#### Рекомендуемая литература

1. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.В. Коломиец, Н.Р. Пономарчук, Г.А. Елгина. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 72 с.
2. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / Т.А. Филиппова. - Новосиб.:НГТУ, 2014. - 294 с.: ISBN 978-5-7782-2517-6.
3. Режимы электрооборудования электрических станций [Электронный ресурс] / В.И. Ветров, Л.Б. Быкова, В.И. Ключенович. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 243 с. ISBN 978-5-7782-1456-9.
4. Федоров С.В. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 24 с.



**ДИСЦИПЛИНА 18. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (21 ЧАС)**

**1 Цели и задачи освоения дисциплины**

**Цель** освоения дисциплины: формирование профессиональных знаний и умений в области автоматизации проектирования элементов систем электроснабжения.

**Задачи:**

- познакомить с принципами построения САПР и их компонентами;
- изучить принципы оптимального проектирования систем электроснабжения;
- познакомить с методами эффективного применения альтернативных элементов математического обеспечения САПР в конкретных ситуациях;
- научить составлять оригинальные математические модели элементов проектируемых систем и включению их в состав прикладного программного обеспечения.

**Содержание дисциплины**

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
Интегрированные САПР/АСТПП Роль САПР/АСТПП в производственном цикле. Технология параллельного проектирования. Способы задания параметризованной геометрической модели. Система управления производственной информацией. PDM – системы. Состав САПР. Программное обеспечение САПР. Системы автоматизированного анализа. Система автоматизированного проектирования электрических схем и перечней элементов КОМПАС-Электрик V15 Express.	Термины и определения. Ступени развития САПР. Достоинства САПР/АСТПП. Исправление ошибок. Резюме. Процесс конструирования. Этапы. Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП) или (САМ). Достоинства АСТПП. Интеграция средств САПР и АСТПП (САМ) в единый процесс. Тактическое значение применения интегрированных систем САПР/АСТПП (интегрированная система автоматизации - ИСА). Смежные дисциплины. Стадии жизненного цикла изделия. Роль САПР АСТПП в производственном цикле. Традиционные области применения САПР/АСТПП. Последовательный подход (ПП) – П – технология. Концепция параллельного проектирования. Проблемы внедрения С-технологий. Параметрическое конструирование. ПК с полным набором связей. ПК с неполным набором связей. Ассоциативная геометрия (АГ). Объектно-ориентированное моделирование (ООМ)  8 часов	Проектирование внешнего электроснабжения объекта. 2 часа	Не предусмотрено	Что такое системы управления производственной информацией. EPD – полное электронное описание изделия. CALS. Программное обеспечение САПР. Требования, которым должно удовлетворять ПО САПР. Прикладное ПО. Автоматизированное моделирование процесса взаимодействия человека и машины, применение эргономических пакетов. Библиотека условных графических обозначений.  10 часов	Не предусмотрено

Тип тестовых заданий: Выбор одного варианта ответа из предложенного множества.

Инструкция студенту: Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Ответить»

*Выберите один правильный ответ:*

**1. Комплексы программных средств на основе математического обеспечения называются:**

1. АРМ;            2. ЦВК;            3. ПМК;            4. СУБД;            5. ПТК

**2. Проблемные компоненты ПП САПР:**

- 1) включают монитор, осуществляющий взаимодействие текста с ОС ЭВМ;
- 2) включают интерактивные графические пакеты, обеспечивающих выполнение типовых проектных процедур;
- 3) включают программы общего и специального назначения;
- 4) **включают модель предметной области и библиотеку прикладных модулей;**
- 5) включают проблемно-ориентированный модуль, направленный на решение определенного класса задач.

**3. Структура данных – это:**

- 1) характер организованности информационного объекта;
- 2) тип данных;
- 3) множество допустимых значений и набор допустимых операций над данными;
- 4) **INTEGER, REAL, BOOLEAN, CHAR, POINTLE;**
- 5) определенно организованная информация.

**4. Информационные базы в форме банка данных применяется в случаях:**

- |  |  |
|--|--|
| 1) необходимости получения произвольной записи файла | 2) - необходимо ввести большое количество данных                                       |
| - в случае перехода к следующей записи               | - в случае необходимости повторного обращения к одним и тем же данным                  |
| - при вставке записей в файл                         | - при неудовлетворительной скорости обработки файлов                                   |
| - при необходимости полного просмотра всех файлов    | - плохой стандартизации плохой стандартизации представления данных в файловых системах |
| - в случае реорганизации файлов с целью очистки их   | - в случае негибкости файловой системы, затрудняющей развитие САПР                     |

**5. Способы доступа к данным и их обработки реализуются СУБД как:**

- 1) **команды управления;**
- 2) загрузочные команды языка манипулирования;
- 3) описание хранимых данных;
- 4) способ описания, выполненный на языке, близком к языку описания данных;
- 5) команды языка манипулирования.

**6. Лингвистическое обеспечение САПР представляет собой:**

- 1) **целостную совокупность формальных языков описания информации и алгоритмов ее обработки в процессе автоматизированного проектирования;**
- 2) языковую систему для описания и обмена информацией между людьми, человеком и ЭВМ;
- 3) совокупность данных проектирования с формальным языком и обработку их в процессе автоматизированного проектирования;
- 4) совокупность документированных данных описанных языком проектирования;
- 5) описание языка программирования, применяемого при автоматизированном проектировании

**7. Методическое обеспечение САПР – это:**

- 1) **совокупность документов, нормирующих правила выбора и эксплуатации КСАП при решении конкретных проектных задач;**
- 2) документальное общее описание САПР, служащее для ознакомления проектировщиков со структурой и составом функций системы;
- 3) совокупность описания проектных процедур, где дается содержание, ограничения, методы выполнения процедур, схемы алгоритмов;
- 4) совокупность документов для автоматизированного проектирования, определяющих последовательность применения компонентов САПР;

5) совокупность инструкций по применению комплекса средств автоматизированного проектирования.

#### 8. Анализ функций ТС ведется в следующем порядке:

- 1) - выявляются компоненты задачи;  
- выявить ограничения;  
- прогнозировать вероятные значения независимых переменных;  
- установить возможные пути решения задачи;
- 2) - устанавливается общая задача проектирования;  
- разбивается общая задача на части;  
- разрабатывается стратегия проектирования;  
- выбираются методы и способы проектирования;
- 3) - уточнение описания функций ТС и определяются объекты (G);  
- определяются функциональные элементы 1-го уровня;  
- определяются функциональные элементы 2-го уровня;  
- составляются таблицы результатов анализа функций ТС;  
- синтезируется функциональная структура ТС.

#### 9. Проектирование представляет собой:

- 1) часть смены этапов развития;
- 2) часть замкнутого цикла обновления;
- 3) часть организационного цикла производства;
- 4) часть цикла средства объекта проектирования;
- 5) часть замкнутого цикла эксплуатации;

#### 10. Принципы САПР следующие:

- 1) - надежность; 2) - унификация; 3) - надежность;  
- совместимость; - экономичность; - быстродействие;  
- экономичность; - развитость; - экономичность;  
- развитие; - типизация; - развитие;
- 4) - системность; 5) - системное единство;  
- процессность; - совместимость;  
- развитость; - типизация;  
- экономичность; - развитие.

**Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.  
Типовые вопросы для проведения зачета**

1. Что такое САПР? Ступени развития САПР
2. Ступени развития САПР
3. Достоинства САПР/АСТПП
4. Процесс конструирования. Этапы
5. Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСТПП) или (САМ)
6. Достоинства АСТПП
7. Интеграция средств САПР и АСТПП (САМ) в единый процесс
8. Тактическое значение применения интегрированных систем САПР/АСТПП (интегрированная система автоматизации - ИСА)
9. Стадии жизненного цикла изделия
10. Роль САПР АСТПП в производственном цикле
11. Традиционные области применения САПР/АСТПП
12. Последовательный подход (ПП) – П - технология
13. Концепция параллельного проектирования
14. Проблемы внедрения С-технологий
15. Параметрическое конструирование
16. ПК с полным набором связей
17. ПК с неполным набором связей
18. Ассоциативная геометрия (АГ)
19. Объектно-ориентированное моделирование (ООМ)
20. Что такое системы управления производственной информацией
21. EPD – полное электронное описание изделия
22. CALS(Computer Added Layers Support)
23. Программное обеспечение САПР
24. Требования, которым должно удовлетворять ПО САПР
25. Прикладное ПО
26. ПО, созданное пользователем

27. Средства двумерного черчения
28. Каркасные модели
29. Поверхностное моделирование
30. Твёрдотельное моделирование (ТМ)

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п\п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Электроснабжение промышленных предприятий (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт. – Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ Оперативная память: 4ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio, MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
2	Электроснабжение промышленных предприятий (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

#### Основная литература

1. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] : учебник / Под ред. А.П.Карпенко - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 329 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-010213-9.
2. Авлукова, Ю.Ф. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.Ф. Авлукова. – Минск: Выш. шк., 2013. – 217 с.: ил. - ISBN 978-985-06-2316-4.
3. Проектирование автоматизированных систем производства [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Л. Коных. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 312 с. ISBN 978-5-905554-53-7..
4. <http://www.edu.ru> – Федеральный портал «Российское образование»;

## ДИСЦИПЛИНА 19. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ (34 ЧАСА)

**Цель** освоения дисциплины: формирование у студентов базовых знаний конструктивного выполнения, расчета режимов работы основного электрооборудования электростанций и подстанций, проектирования и регулирования параметров основного электрооборудования электрических станций и систем в деятельности бакалавров.

**Задачи** освоения дисциплины:

- познакомить с методами ограничения токов короткого замыкания и с назначением заземления и грозозащиты на станциях и подстанциях.
- изучить основное электрооборудование, применяемое на станциях и подстанциях с выбором и проверкой его на действие токов короткого замыкания;
- изучить собственные нужды станций и подстанций и схемы питания собственных нужд на различных станциях.
- научить читать схемы электрических соединений, понимать и проводить оперативные переключения на подстанциях;
- научить рассчитывать токи короткого замыкания, рассчитывать заземление и грозозащиту подстанции.

### Содержание дисциплины

№, Наименование темы	Содержание лекций, час.	Наименование практических занятий или семинаров, час.	Наименование лабораторных работ, час.	СРС, час	КР, час
1	2	3	4	5	6
1. Графики электрических нагрузок. 2. Токи короткого замыкания. 3. Действие токов короткого замыкания. 4. Координация токов короткого замыкания. 5. Расчетные условия по выбору и проверке электрических аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания. 6. Структурная схема подстанции. Система измерений на станциях и подстанциях, собственные нужды. 7. Защита оборудования от атмосферных перенапряжений. 8. Заземляющие устройства на подстанциях.	Графики электрических нагрузок. Назначение графиков, классификация, построение годового графика по продолжительности Токи короткого замыкания. Причины, виды коротких замыканий, симметричные, несимметричные короткие замыкания. Действие токов короткого замыкания. Термическое, динамическое действие токов короткого замыкания Координация токов короткого замыкания. Методы ограничения токов короткого замыкания, трехфазных и однофазных коротких замыканий. Расчетные условия по выбору и проверке электрических аппаратов и токоведущих частей по режиму короткого замыкания. Выбор электрических аппаратов по номинальным условиям и проверка их на действие токов короткого замыкания. Структурная схема подстанции. Система измерений на станциях и подстанциях, собственные нужды. Основные приборы, устанавливаемые на подстанциях. Выбор мощности трансформаторов СН. Защита оборудования от атмосферных перенапряжений. Понятие об атмосферных перенапряжениях. Способы защиты оборудования от прямых ударов молнии.	<b>Выбор сечения кабелей и расчет токов короткого замыкания. Выбор типа, числа и мощности трансформаторов.</b> 4 часа	Не предусмотрено	Распределительные устройства подстанций и оперативный ток на подстанциях, собственные нужды подстанций. Комплектные распределительные устройства, выбор ячеек. Достоинства ячеек выкатного типа. Виды оперативного тока на подстанциях. Выбор трансформаторов СН. 12 часов	Проектирование и расчет подстанции промышленного предприятия. 8 часов

<p>9. Распределительные устройства подстанций и оперативный ток на подстанциях, собственные нужды подстанций.</p>	<p>Заземляющие устройства на подстанциях. Расчет заземления в установках выше 1000 В. Распределительные устройства подстанций и оперативный ток на подстанциях, собственные нужды подстанций. Комплектные распределительные устройства, выбор ячеек. Достоинства ячеек выкатного типа. Виды оперативного тока на подстанциях. Выбор трансформаторов СН. 8 часов</p>				
---	---	--	--	--	--

## Оценка качества освоения дисциплины

### Тестовые задания

#### 1. График нагрузки энергоустановки потребителя

- a. Кривая изменений во времени активной электрической мощности, с которой электроустановка может длительно работать без перегрузки
- b. **Кривая изменений во времени нагрузки энергоустановки потребителя**
- c. Кривая изменений во времени установленной мощности энергоустановки
- d. Кривая, показывающая суммарную длительность данного и большего значения нагрузки (мощности) энергоустановки в течение установленного интервала времени.

#### 2. График продолжительности нагрузки (мощности) энергоустановки потребителя

- a. Кривая изменений во времени активной электрической мощности, с которой электроустановка может длительно работать без перегрузки
- b. Кривая изменений во времени установленной мощности энергоустановки
- c. **Кривая, показывающая суммарную длительность данного и большего значения нагрузки (мощности) энергоустановки в течение установленного интервала времени.**
- d. Кривая изменений во времени нагрузки энергоустановки потребителя

#### 3. Запишите что называется графиком нагрузки потребителей?

- a. **кривая изменения во времени нагрузки потребителя**
- b. отношение потребления электроэнергии к мощности потребителей
- c. количество смен работы предприятия
- d. наиболее загруженная смена

#### 4. Показания каких приборов можно использовать для построения графика нагрузок?

- a. **счетчик активной энергии**
- b. **амперметр**
- c. вольтметр
- d. **ваттметр**

#### 5. Как получить график нагрузки в виде ступенчатой линии?

- a. **использовать для построения показания счетчика**
- b. **выполнить осреднение показаний амперметра**
- c. снимать показания вольтметра с интервалом 1 час
- d. снимать показания фазометра с интервалом 10 мин

#### 6. Что называется графиком продолжительности нагрузки?

- a. график нагрузки продолжительностью более 2-х суток
- b. незначительно изменяющийся за сутки график нагрузки
- c. сильно изменяющийся за сутки график нагрузки
- d. **график отражающий использования нагрузки за год**

#### 7. Каков интервал принимают при составлении графика продолжительности?

- a. **сутки**
- b. неделю
- c. квартал
- d. **год**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

### Типовые вопросы для проведения экзамена

#### Вопросы к экзамену

1. Распределительные устройства. Классификация распределительных устройств.
2. Общие принципы проектирования электроустановок. Последовательность проектирования электроустановок.
3. Общие принципы проектирования электроустановок. Средства проектирования электроустановок.
4. Компоновка распределительных устройств. Подстанции 35-750 кВ.
5. Закрытые подстанции и РУ с элегазовыми КРУ (КРУЭ).
6. Строительную часть ОРУ
7. Открытые распределительные устройства. Требования к конструкциям ОРУ.
8. Открытые распределительные устройства. Конструкции ОРУ 35-220 кВ со сборными шинами.
9. Открытые распределительные устройства. Конструкции ОРУ 330 — 500 кВ.
10. Закрытые распределительные устройства. Требования к конструкциям ЗРУ.
11. Конструкции ЗРУ 6—10 кВ с одной системой шин.
12. Крупноблочное распределительное устройство генераторного напряжения КГРУ.
13. Конструкции ЗРУ 6—10 кВ с двумя системами шин.
14. Конструкции ЗРУ 35-220 кВ.
15. Комплектные распределительные устройства внутренней установки.
16. Комплектные распределительные устройства наружной установки.
17. Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией.
18. Комплектные трансформаторные подстанции.
19. Размещение РУ на территории электростанции.
20. Размещение РУ на территориях районных и узловых подстанций.
21. Изоляторы – назначение, выбор и проверка.
22. Выключатели – обозначение, назначение, выбор и проверка.
23. Разъединители - обозначение, назначение, выбор и проверка.
24. Отделители - обозначение, назначение, выбор и проверка.
25. Измерительные трансформаторы тока - обозначение, назначение, марки и схемы включения.
26. Измерительные трансформаторы напряжения - обозначение, назначение, марки и схемы включения.
27. Силовые трансформаторы, проверка силовых трансформаторов.
28. Оперативный ток на подстанции.
29. Действие токов к.з. (динамическое, термическое). Ограничение токов к.з.
30. Средства ограничения токов к.з.
31. Назначение, обозначение, схемы включения реакторов, выбор, проверка.
32. Режимы нейтрали электроустановок.

#### Методические материалы для выполнения курсовой работы:

**Тема:** Проектирование и расчет подстанции промышленного предприятия.

### 1 Выбор и обоснование главной схемы электрических соединений

Главная схема электрических соединений определяет основные качества электрической части станций и подстанций: надежность, экономичность, ремонтпригодность, безопасность обслуживания, удобство эксплуатации, удобство размещения электрооборудования, возможность дальнейшего расширения и т. д.

Выбор главной схемы – сложная задача. Многообразие исходных данных исключает возможность типовых универсальных решений, справедливых для любых условий. В большинстве случаев выбор схемы базируется на технико-экономических расчетах. А для подстанций с двумя напряжениями схема определяется однозначно и ее проектирование сводится к выбору уже существующих типовых схем – это упрощенные, с сокращенным числом выключателей или без них (блочные схемы), схемы мостиков, схемы с короткозамыкателями и отделителями.

В соответствии с нормами технологического проектирования /3/ главная схема электрических соединений подстанции выбирается с использованием схем РУ 35...750 кВ, утвержденных Минэнерго и согласованных с Госстроем. Ниже рассматриваются наиболее распространенные и характерные схемы электрических соединений подстанций.

Блочные схемы являются наиболее простыми (рисунок 1.1):

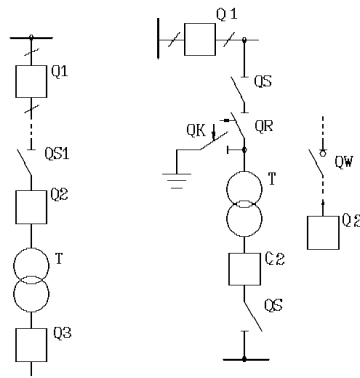


Рисунок 1.1 – Блочная схема однострансформаторных подстанций

Они применяются на тупиковых подстанциях напряжением до 330 кВ включительно или на ответственных подстанциях, присоединенных к одной или двум параллельным линиям напряжением 220 кВ.

На двухтрансформаторных подстанциях небольшой и средней мощности напряжением от 35 до 220 кВ для присоединения к линиям с двухсторонним питанием применяются схемы с одной секционированной системой шин и схемы "мостика" (рисунки 1.2 –1.6).

Блочная схема без перемычки (рисунок 1.2) целесообразна при небольшой длине линий, поскольку при этом вероятность отключения линии вместе с трансформатором относительно мала.

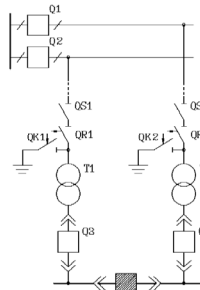


Рисунок 1.2 - Блочная схема двухтрансформаторной подстанции

Недостаток этой схемы заключается в том, что при повреждении и ремонте линии в работе остается один трансформатор. Электроснабжение не прерывается, но оставшийся в работе трансформатор может оказаться сильно перегруженным.

Схема с ремонтной перемычкой из разъединителей (рисунок 1.3) обеспечивает возможность присоединения обоих трансформаторов к одной линии при ремонте второй. Это схема с "неавтоматической" перемычкой.

Схема с отделителем двухстороннего действия на перемычке (с "автоматической" перемычкой) (рисунок 1.4) обеспечивает при повреждении на линии и отключении соответствующего трансформатора возможность автоматического подключения ко второй линии, в связи с чем уменьшается время срабатывания защиты.

Для обеспечения большей надежности и уменьшения времени срабатывания защиты, перемычка может быть выполнена на выключателе (рисунок 1.5).

Место расположения перемычки "в сторону линии" (рисунок 1.3, 1.4) или "в сторону трансформатора" (рисунок 1.5, 1.6) зависит от длины линии и графика нагрузки подстанции. Если питающие линии короткие и график нагрузки подстанции неравномерный, то перемычку целесообразно ставить "в сторону линии". Если питающие линии длинные и график нагрузки подстанции равномерный, то перемычку ставят "в сторону трансформатора" (рисунок 1.5).

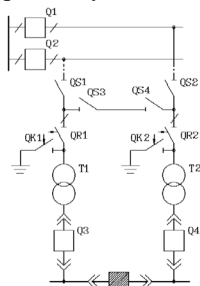


Рисунок 1.3 - Блочная схема двухтрансформаторной подстанции с ремонтной перемычкой из двух разъединителей



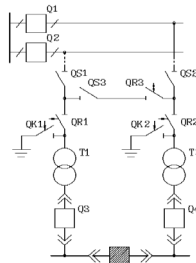


Рисунок 1.4 - Блочная схема двухтрансформаторной подстанции с автоматической переемычкой

Наиболее надежной, но и самой дорогой является схема, выполненная на выключателях (рисунок 1.5, 1.6). 80 процентов схем тупиковых подстанций выполняются без выключателей на высокой стороне.

При коротких линиях обходятся и без короткозамыкателя, так как повреждение трансформатора может быть отключено выключателем, стоящим в голове линии без дополнительного сигнала.

Характерные схемы транзитных (проходных) подстанций приведены на рисунках 1.5 – 1.11. Если допустимо прервать транзит мощности на высокой стороне, то можно применять схемы, представленные на рисунок 1.5 и 1.6. Мощность трансформатора при этом не должна превышать 125 МВА. Сюда относятся схемы двоянного мостика (рисунок 1.7, 1.8, 1.9). В противном случае применяются упрощенные схемы с ремонтной переемычкой (рисунок 1.10, 1.11). Для увеличения надежности данные схемы полностью выполняются на выключателях, применение которых должно быть экономически обосновано.

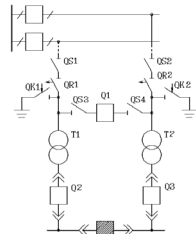


Рисунок 1.5 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции на выключателях

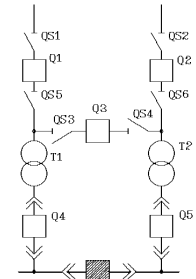


Рисунок 1.6 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции на выключателях

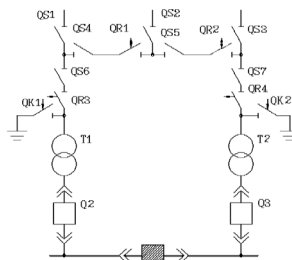


Рисунок 1.7 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции со двоянным мостиком

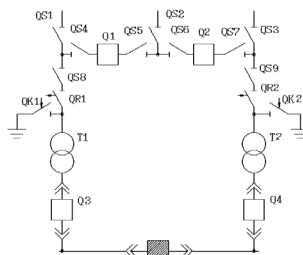


Рисунок 1.8 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции со двоянным мостиком

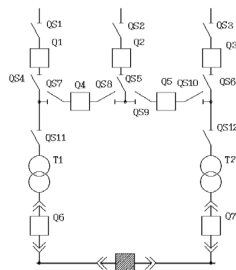


Рисунок 1.9 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции со двоянным мостиком

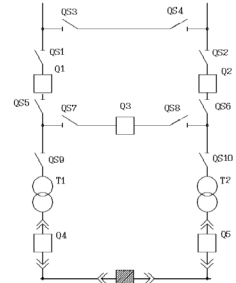


Рисунок 1.10 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции с ремонтной перемычкой

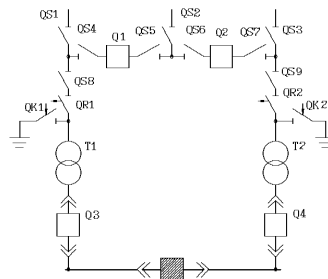


Рисунок 1.11 Блочная схема двухтрансформаторной подстанции с ремонтной перемычкой

## 2 Расчет и построение годового графика нагрузки

В задании на курсовое проектирование указывается предприятие, для снабжения которого необходимо спроектировать подстанцию. Пользуясь /2, 3/ выбирается суточный график нагрузки, как правило, зимний, вычерчивается с привязкой к своему заданию, принимая максимальную нагрузку по графику равной заданной полной  $S_{max}$  или активной  $P_{max}$  мощности подстанции. При известной  $S_{max}$ ,  $P_{max}$  типовой график нагрузки переводится в график нагрузки конкретного потребителя, используя следующие соотношения для каждой ступени графика:

$$P_i = \frac{n_i \%}{100} \cdot P_{max}, \quad (2.1)$$

где  $P_i$  – мощность на  $i$ -той ступени суточного графика, МВт;  
 $n_i\%$  – ордината соответствующей ступени суточного типового графика, %;  
 $P_{max}$  – максимальная нагрузка подстанции, указанная в задании, МВт.

Затем по суточному графику нагрузки определяют:

1) суточный расход электроэнергии  $W_c$ , МВт·ч:

$$W_c = \sum_{i=0}^{24} P_i \cdot t_i, \quad (2.2)$$

где  $t_i$  – продолжительность  $i$ -той ступени суточного графика, час.

2) среднесуточную нагрузку  $P_{cpc}$ , МВт и показывают ее на суточном графике нагрузок (рисунок 2.1):

$$P_{cpc} = \frac{W_c}{t_c}, \dots\dots\dots(2.3)$$

где  $t_c$  – продолжительность суток – 24 часа.

3) коэффициент заполнения графика  $K_{32}$ , который показывает степень неравномерности графика работы установки:

$$K_{32} = \frac{P_{cpc}}{P_{max}} = \frac{W_c}{P_{max} \cdot t_c}, \quad (2.4)$$

Затем строят годовой график нагрузки по продолжительности для заданной промышленности. Обычно для каждого потребителя в справочной литературе приводится несколько суточных графиков, характеризующих работу потребителя в разное время года и в разные дни недели. Это типовые графики зимних и летних суток для рабочих дней, график выходного дня и т.д. Основным является зимний суточный график рабочего дня. Его максимальная нагрузка  $P_{max}$  принимается за 100% и ординаты всех остальных графиков задаются в процентах относительно этого значения (рисунок 2.1):

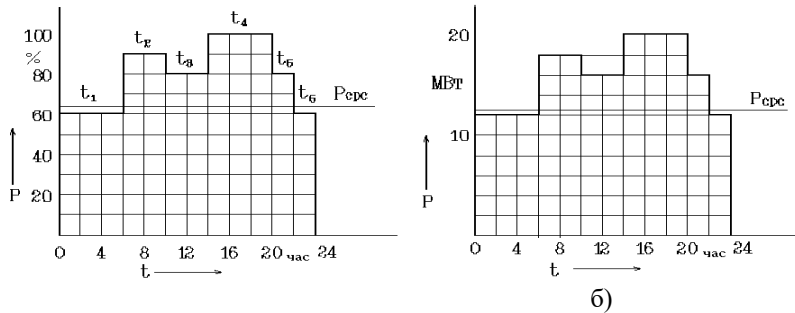


Рисунок 2.1 - Суточные графики нагрузок  
а) – типовой график, б) – график нагрузки конкретного потребителя

Мощности каждой ступени графика, МВт:

$$P_{1cm} = \frac{60\%}{100} \cdot 20 = 12$$

$$P_{2cm} = \frac{90\%}{100} \cdot 20 = 18$$

$$P_{3cm} = \frac{80\%}{100} \cdot 20 = 16$$

$$P_{4cm} = \frac{100\%}{100} \cdot 20 = 20$$

$$P_{5cm} = \frac{80\%}{100} \cdot 20 = 16$$

$$P_{6cm} = P_{1cm} = \frac{60\%}{100} \cdot 20 = 12$$

Годовой график по продолжительности нагрузок показывает длительность работы подстанции в течение года с различными нагрузками. По оси ординат откладывают нагрузки в соответствующем масштабе, по оси абсцисс – часы года от 0 до 8760 час. Нагрузки на графике располагают в порядке их убывания от  $P_{max}$  до  $P_{min}$  (рисунок 2.2):

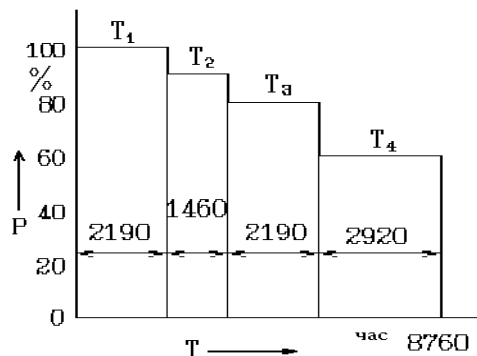


Рисунок 2.2 - Годовой график продолжительности нагрузок

Построение годового графика продолжительности нагрузок производится на основе известных суточных графиков (в процентах или в именованных единицах). По графику определяются:

1) годовое потребление электроэнергии  $W_z$ , МВт·ч:

$$W_z = \sum_{i=0}^n P_i \cdot T_i, \dots\dots\dots(2.5)$$

где  $T_i = t_{i3} \cdot n_3 + t_{i4} \cdot n_4$ ;

$t_{i3}, t_{i4}$  – продолжительности ступеней на зимнем и летнем графиках нагрузок, час;

$n_3, n_4$  – количество зимних и летних суток в году.

2) продолжительность использования максимальной нагрузки,  $T_{max}$ , час:

$$T_{max} = \frac{W_z}{P_{max}}, \dots\dots\dots(2.6)$$

Например, продолжительности ступеней годового графика нагрузки (рисунок 2.2), построенного по суточному графику (рисунок 2.1):

$$T_1 = t_4 \cdot 365 = 6 \cdot 365 = 2190;$$

$$T_2 = t_2 \cdot 365 = 4 \cdot 365 = 1460;$$

$$T_3 = (t_3 + t_5) \cdot 365 = (4 + 2) \cdot 365 = 2190;$$

$$T_4 = (t_1 + t_6) \cdot 365 = (6 + 2) \cdot 365 = 2920;$$

Предполагается, что зимой и летом предприятие работает по одному графику.

### 3 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов

Силовые трансформаторы, установленные на подстанциях, предназначены для преобразования электроэнергии с одного напряжения на другое. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12 - 15% ниже, а расход активных элементов и стоимость на 20-25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.

В задании на курсовое проектирование обычно указывается два напряжения подстанции – 110 (35) кВ и 10 (6) кВ, поэтому по количеству обмоток следует принимать двухобмоточные трансформаторы. Если мощность выбранного трансформатора 25000 кВА и более, то необходимо принимать трансформаторы с расщепленными обмотками по низшей стороне с целью ограничения токов короткого замыкания.

Выбор числа трансформаторов на подстанции определяется категоричностью потребителя (см. задание). Понижительные подстанции желательно выполнять с числом трансформаторов не более двух. Для потребителей третьей и частично второй категории возможно рассмотрение варианта установки одного трансформатора при наличии резервного питания от соседней трансформаторной подстанции.

На подстанциях с двумя трансформаторами рабочие секции шин низшего напряжения целесообразно держать в работе раздельно. При таком режиме ток короткого замыкания уменьшается и облегчаются условия работы аппаратов низкого напряжения /1/.

В системах электроснабжения промышленных предприятий мощность силовых трансформаторов должна обеспечить в нормальных условиях питание всех приемников. При выборе мощности трансформаторов следует добиваться как экономически целесообразного режима работы, так и соответствующего обеспечения резервирования питания приемников при отключении одного из трансформаторов. При этом следует помнить, что на однотрансформаторной подстанции определяющим является нормальный режим работы, на двухтрансформаторной подстанции определяющий режим – послеаварийный.

Мощность трансформатора на двухтрансформаторной подстанции можно выбирать двумя способами: по заданной мощности подстанции; по графику нагрузки.

1) первый способ.

Мощность трансформатора на подстанции в соответствии с /1/ определяется:

$$S_{ном} = (0,65\dots0,7)S'_{max}, \quad (3.1)$$

где  $S_{ном}$  – номинальная мощность трансформатора;

$S'_{max}$  – максимальная нагрузка подстанции с учетом компенсирующих устройств.

$$S'_{max} = \sqrt{P_{max}^2 + (Q_{max} - Q_{кв})^2}, \quad (3.2)$$

где  $P_{max}$  – максимальная активная мощность;

$Q_{max}$  – максимальная реактивная мощность подстанции;

$Q_{кв}$  – мощность компенсирующих устройств.

$$Q_{max} = P_{max} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.3)$$

$tg \varphi$  определяется по заданному  $cos \varphi$ :

$$Q_{кв} = Q_{max} - Q_{эс}, \dots \dots \dots (3.4)$$

где  $Q_{эс}$  – реактивная мощность, которая может быть выдана энергосистемой в сеть.

$$Q_{эс} = P_{max} \cdot tg \varphi_0, \dots \dots \dots (3.5)$$

Базовое значение  $tg \varphi_0 = 0.4$  при питании подстанции на  $U = 220 - 230$  кВ;  $tg \varphi_0 = 0.3$  при питании подстанции на  $U = 110 - 150$  кВ;  $tg \varphi_0 = 0.25$  при питании подстанции на  $U = 35$  кВ, /4/.

Расчетная мощность трансформаторов, полученная по формуле 3.1, округляется до ближайшей стандартной мощности ( $S_{ном}$ ) по шкале ГОСТ 11920-85, ГОСТ 12965-85. Затем выбранный трансформатор проверяется на перегрузочную способность по ГОСТ 14209-97:

$$S_{ном} \cdot k_2 \geq S'_{max}, \dots \dots \dots (3.6)$$

где  $k_2$  – коэффициент аварийной перегрузки при отключении одного из трансформаторов во время аварии, определяется по таблицам аварийных перегрузок /7/.

Он зависит от коэффициента начальной нагрузки ( $K_1$ ), температуры охлаждающей среды во время аварии ( $\theta_{охл}$ ), длительности перегрузки ( $h$ ), а также от системы охлаждения трансформатора. В соответствии с /1, 5, 6/  $k_2 = 1,4$  при соблюдении следующих условий: в тех случаях, когда нагрузка трансформаторов (для систем охлаждения М, Д, ДЦ и Ц) до и после аварийной перегрузки не превышала 0,9 от его паспортной мощности, его возможно перегружать в срок до 5 суток на 40 % при температуре охлаждающего воздуха  $\theta_{охл}$  не более  $+30^0C$ , но при этом продолжительность перегрузки в каждые сутки не должна превышать 6 часов (суммарная продолжительность перегрузки подряд или с разрывами), при температуре охлаждающего воздуха  $\theta_{охл}$  более  $+30^0C$  величина перегрузки снижается до 30 % и продолжительность ее уменьшается до 4 часов в сутки.

Коэффициент начальной нагрузки  $K_1$  определяется как:

$$K_1 = \frac{S_{ср.кв}}{n \cdot S_{ном}}, \quad (3.7)$$

где  $S_{ср.кв}$  – среднеквадратичная нагрузка;  
 $n$  – число трансформаторов.

Возможно использование коэффициента начальной нагрузки в максимальном режиме:

$$K_{1max} = \frac{S'_{max}}{n \cdot S_n}, \quad (3.8)$$

Если при проверке трансформатора в аварийном режиме не выполняется условие (3.6), то необходимо предусмотреть отключение части потребителей III категории, или увеличить мощность трансформатора на одну ступень.

2) второй способ.

В основу этого расчета положен график нагрузки предприятия и критерием выбора является износ изоляции трансформатора. По суточному графику нагрузки рассчитывается среднеквадратичная нагрузка  $S_{ср.кв}$ :

$$S_{ср.кв} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T S_i^2 dt}, \quad (3.9)$$

где  $T$  – продолжительность графика, час;  
 $S_i$  – полная мощность  $i$ -той ступени графика.

И тогда номинальная мощность трансформатора будет определяться как:

$$S_{ном} \geq S_{ср.кв} \quad \text{или} \quad S_{ном} \geq S^*_{ср.кв} \cdot S'_{max}, \quad (3.10)$$

где  $S^*_{ср.кв}$  – среднеквадратичная нагрузка в относительных единицах:

$$S^*_{ср.кв} = \frac{S_{ср.кв}}{S'_{max}}, \quad (3.11)$$

По среднеквадратичной мощности рекомендуется выбирать мощность трансформаторов, питающих резкопеременную нагрузку.

Полученная мощность округляется до ближайшей стандартной. Затем  $S_{ном}$  наносится на суточный график в виде прямой линии.

Выбранный трансформатор проверяется на аварийную перегрузку. Для этого выбирают среднюю температуру охлаждающего воздуха ( $\theta_{охл} = -13,4^\circ \text{C}$ ) /7/ и по графику определяется суммарное количество часов перегрузки трансформатора свыше номинальной мощности  $h$ .

Затем определяется начальная нагрузка ( $K_1$ ) из выражения (3.7) или:

$$K_1 = \frac{1}{n \cdot S_{НОМ}} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}},$$

где  $S_m$  – средняя мощность интервала длительностью  $\Delta t_m$ .

По таблице 11 ГОСТ 14209-97 для известных  $K_1$  и  $h$ , а также температуры окружающей среды и способа охлаждения трансформатора определяется допустимая аварийная нагрузка  $k_2$ . Затем проверяется условие (3.6), если оно не выполняется, поступают также, как и в предыдущем случае.

Например, задан график нагрузки предприятия (рисунок 3.1), для которого  $S'_{max} = 23$  МВА.

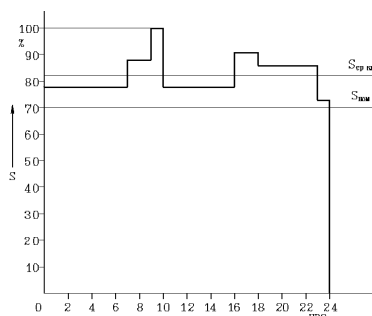


Рисунок 3.1

Определяется среднеквадратичная мощность:

$$S_{*cp.kв} = \sqrt{\frac{0.78^2 \cdot 7 + 0.88^2 \cdot 2 + 1^2 \cdot 1 + 0.78^2 \cdot 6 + 0.91^2 \cdot 2 + 0.86^2 \cdot 5 + 0.73^2 \cdot 1}{24}},$$

$$S_{*cp.kв} = 0.82,$$

$$S_{НОМ} = 0.82 \cdot S'_{max} = 0.82 \cdot 23 = 18.9 \text{ МВА.}$$

По справочнику /10/ выбираются два трансформатора мощностью  $S_{НОМ} = 16$  МВА. Откладывается данная величина на графике в процентах от максимальной нагрузки подстанции:

$$S_{*НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{S'_{max}} = \frac{16}{23} = 0,7.$$

Проверяется коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме:

$$K_3 = \frac{S'_{max}}{2 \cdot S_{НОМ}} = \frac{23}{2 \cdot 16} = 0,72,$$

что соответствует экономической загрузке трансформаторов.

Систематическая нагрузка трансформаторов меньше их номинальной мощности ( $S'_{max} < 2 \cdot S_{НОМ}$ ), поэтому выбранные трансформаторы проверяются только на аварийную перегрузку.

Коэффициент аварийной перегрузки ( $K_2$ ), как было указано выше, зависит от системы охлаждения трансформатора (ТМ, ДЦ и т. д.), температуры охлаждающей среды ( $\theta_{охл}$ ), числа часов аварийной перегрузки ( $h$ ), коэффициента начальной нагрузки, ( $K_1$  или  $K_{1max}$ ):

$$K_2 = f(\theta_{охл}; h; K_{1max}),$$

$$\theta_{охл} = -13.4^\circ \text{C}; h = 24 \text{ час,}$$

$$K_{1max} = \frac{23}{2 \cdot 16} = 0.72,$$

По таблице /27/ определяется  $K_2 = 1,5$ .

Проверяется выбранный трансформатор на аварийную перегрузку:

$$S_{ном} \cdot K_2 \geq S'_{max}; 16 \cdot 1,5 > 23 \text{ МВА.}$$

Выбранный трансформатор удовлетворяет требованиям ГОСТ 14209-97. Выписываются все каталожные данные трансформатора из справочников /2, 3/.

Например: ТДН-16000/110/10

$$S_{ном} = 16 \text{ МВА}, U_{вн} = 115 \text{ кВт}, U_{нн} = 11 \text{ кВ}, I_{xx} = 0,7 \%,$$

$$P_{xx} = 18 \text{ кВт}, P_{кз} = 85 \text{ кВт}, U_{кз} = 10,5 \%.$$

Габариты: длина 6 м, ширина 3,5 м, высота 5,5 м.

Выбор мощности трансформатора на одностранформаторной ГПП производится по среднеквадратичной мощности:

$$S_{ном} \geq S_{ср.кв} \text{ с проверкой перегрузочной способности трансформатора в часы максимума:}$$

$$S_{ном} \cdot K_2 \geq S'_{max},$$

где  $K_2$  – коэффициент допустимой систематической нагрузки.

Так как потребная мощность предприятия растет из года в год, при проектировании подстанций необходимо фундаменты и конструкции, а также ошиновку подстанции и аппараты ввода рассчитывать для трансформаторов на ступень выше расчетной мощности, т. е. предусмотреть возможность увеличения мощности подстанции без существенных переделов /1/.

## 4 Токи короткого замыкания

### 4.1 Расчет токов короткого замыкания

Для выбора электрооборудования, аппаратов, шин, кабелей, токоограничивающих реакторов необходимо знать токи короткого замыкания. При этом достаточно уметь определять ток трехфазного короткого замыкания в месте повреждения, а в некоторых случаях – распределение токов в ветвях схемы, непосредственно примыкающих к этому месту. При расчете определяют периодическую составляющую тока короткого замыкания для наиболее тяжелого режима работы сети. Учет апериодической составляющей производят приближенно, допуская при этом, что она имеет максимальное значение в рассматриваемой фазе. Для решения большинства практических задач расчет ведут с рядом упрощений /8/.

Расчет токов при трехфазном коротком замыкании производят в следующем порядке:

1) Для рассматриваемой установки составляют расчетную схему; Расчетная схема - это однолинейная схема электроустановки с указанием тех элементов и их параметров, которые влияют на значение тока короткого замыкания и поэтому должны учитываться при выполнении расчетов. Расчетная схема установки должна отражать нормальный режим работы. На расчетной схеме (рисунок 4.1 и 4.2) намечают расчетные точки короткого замыкания - так, чтобы аппараты и проводники попадали в наиболее тяжелые условия работы. Исключением являются аппараты в цепи присоединений с реактором, выбираемые по току короткого замыкания за реактором.

В приведенных схемах предусмотрена раздельная работа трансформаторов по низкой стороне.

2) По расчетной схеме составляют схему замещения, заменяя электромагнитные связи электрическими, источники вводят в схему замещения как ЭДС и сопротивления, остальные элементы – как сопротивления. Расчет токов короткого замыкания можно вести как в именованных, так и в относительных единицах. В сетях и установках напряжением до 1000 В обычно расчет производят в именованных единицах. В установках напряжением свыше 1000 В принято все сопротивления короткозамкнутой цепи приводить к базисным условиям и выражать в относительных единицах. Предварительно принимают базисную мощность  $S_б$  (100 или 1000 МВА). За базисное напряжение принимают среднее номинальное напряжение ( $U_б = U_{ср}$ ) той ступени, на которой предполагается короткое замыкание, согласно следующей шкале: 6.3; 10.5; 37; 115; 154; 230; 340; 515; 770 кВ. Таким образом, для каждой точки короткого замыкания будут свои базисные напряжения  $U_б$  и токи  $I_б$ :

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б}, \quad (4.1)$$

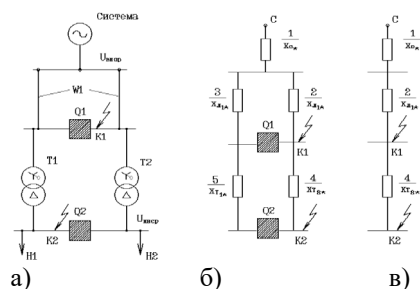


Рисунок 4.1 - Расчетная схема (а) и схемы замещения (б) и (в) для тупиковой или отпаечной подстанции.

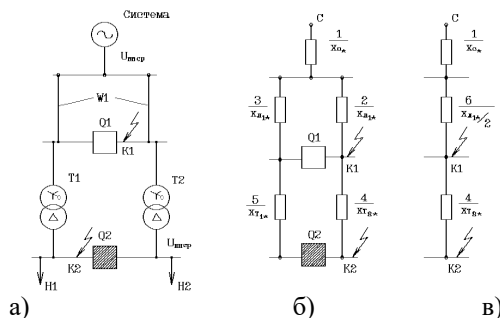


Рисунок 4.2 - Расчетная схема (а) и схемы замещения (б) и (в) для транзитной подстанции

Формулы для определения сопротивлений основных элементов короткозамкнутой цепи в относительных единицах при базисных условиях приведены ниже в таблице 4.1:

Таблица 4.1 - Расчетные выражения для определения приведенных значений сопротивлений

Элементы электроустановки	Каталожные данные	Сопротивления	
		Именованные единицы	Относительные единицы
генератор	$x''_{*d(n)}$ $S_H$	$x_2 = x''_{*d(n)} \cdot \frac{U_6^2}{S_H}$	$x_2 = x''_{*d(n)} \cdot \frac{S_6}{S_H}$
энерго-система	$S_K$	$x_c = \frac{U_6^2}{S_K}$	$x_{*c} = \frac{S_6}{S_K}$
	$I_{н.отк}$	$x_c = \frac{U_6^2}{\sqrt{3} \cdot U_{срн} \cdot I_{н.отк}}$	$x_{*c} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{срн} \cdot I_{н.отк}}$
	$x_{*c(n)}$ $S_{iH}$	$x_c = x_{*c(n)} \cdot \frac{U_6^2}{S_{iH}}$	$x_{*c} = x_{*c(n)} \cdot \frac{S_6}{S_{iH}}$
трансформатор	$U_{K\%}$ $S_H$	$x_m = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U_6^2}{S_H}$	$x_{*m} = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_H}$
реактор	$x_{p\%}$ $I_H$	$x_p = \frac{x_{p\%}}{100} \cdot \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot I_H} \cdot \frac{U_H}{U_6}$	$x_p = \frac{x_{p\%}}{100} \cdot \frac{I_6}{I_H} \cdot \frac{U_H}{U_6}$
линии электропередачи	$x_{nl}$ $l$ $U_L$	$x_L = x_{nl} \cdot l \cdot \frac{U_6^2}{U_{лср}^2}$	$x_{*L} = x_{nl} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{лср}^2}$
обобщенная нагрузка	$S_H$ $x''_{*он(n)}$	$x''_{он} = \frac{x''_{*он(n)} \cdot U_6^2}{S_H}$	$x''_{*он} = \frac{x''_{*он(n)} \cdot S_6}{S_H}$

где  $S_H$ ;  $I_H$ ;  $x''_{*d(n)}$  – номинальные параметры элементов схемы (генератора, трансформатора, системы и т. д.), МВА; кА;



$S_b$  – базисная мощность, МВА;

$S_k$  – мощность короткого замыкания энергосистемы, МВА;

$I_{н.отк}$  – номинальный ток отключения выключателя, присоединенного к шинам энергосистемы;

$U_{кв\%}$  – напряжение короткого замыкания трансформатора /9, 10/;

$U_n$  – среднее номинальное напряжение в месте установки данного элемента, кВ;

$x_{пл}$  – погонное индуктивное сопротивление линии Ом/км;

$l$  – длина линии, км.

Для трехобмоточных трансформаторов или автотрансформаторов напряжения короткого замыкания, приведенные к номинальной мощности трансформатора или автотрансформатора, даны для каждой пары обмоток:  $U_{кв-н}$ ,  $U_{кв-с}$ ,  $U_{кс-н}$  (в процентах). Схемы замещения таких трансформаторов (а также трансформаторов с расщепленными обмотками) и формулы для расчета сопротивлений каждой обмотки приведены в таблице 4.2.

Значения сопротивлений, найденные по формулам таблиц 4.1 и 4.2 указываются в схеме замещения в виде дроби, в числителе которой порядковый номер элемента, в знаменателе – его величина (в относительных или именованных единицах).

Таблица 4.2 - Определение сопротивлений обмоток силовых трансформаторов

Вид трансформатора	Исходная схема	Схема замещения	Расчетные выражения
Двухобмоточный трансформатор			$x_{т\%} = U_{кв-н\%}$
Трехобмоточный трансформатор, автотрансформатор			$x_{тв\%} = 0.5 (U_{кв-н\%} + U_{кв-с\%} - U_{кс-н\%})$ $x_{тс\%} = 0.5 (U_{кв-с\%} + U_{кс-н\%} - U_{кв-н\%})$ $x_{тн\%} = 0.5 (U_{кв-н\%} + U_{кс-н\%} - U_{кв-с\%})$
Трехобмоточный трансформатор с обмоткой низкого напряжения, расщепленной на две ветви			<p>a)</p> $x_{тв\%} = 0.125 U_{кв-н\%}$ $x_{тн1\%} = x_{тн2\%} = 1.75 U_{кв-н\%}$ <p>б)</p> $x_{тв\%} = U_{кв-н\%} - 0.5 U_{кн1-н2\%}$ $x_{тн1\%} = x_{тн2\%} = U_{кн1-н2\%}$ $U_{кн1-н2\%}$ задается в каталогах относительно $S_{H1} = S_{H2} = 0.5 S_H$
Группа двухобмоточных трансформаторов с обмоткой низкого напряжения, расщепленной на две ветви			$x_{тв} = 0$ $x_{тн1\%} = x_{тн2\%} = 2 U_{кв-н\%}$

3) Путем постепенного преобразования (трансконфигурации) приводят схему замещения к простому виду – так, чтобы каждый источник питания или группа источников с эквивалентной ЭДС  $E_*$ , были связаны с точкой короткого замыкания одним сопротивлением  $X_{*рез}$  (рисунок 4.3):

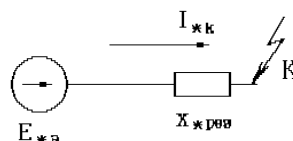


Рисунок 4.3 - Результирующая схема замещения

Преобразование (свертывание) схемы выполняется в направлении от источника питания к месту короткого замыкания. При этом используются известные правила последовательного и параллельного сложения сопротивлений, преобразование звезды сопротивлений в треугольник и обратно, метод расщепления схем и т. п.

(подробнее см. /8, 11/).

4) Полученное в результате свертывания схемы результирующее сопротивление  $X_{рез}^*$  приводят к номинальной мощности источника, определяют  $X_{расч}^*$

$$X_{расч}^* = X_{рез}^* \frac{S_{нс}}{S_{б}}, \quad (4.2)$$

где  $S_{нс}$  – номинальная мощность источника питания (системы), принимается равной мощности короткого замыкания на шинах этой системы,  $S_{КС}'' = S_{нс} = I_{кС}'' \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ср.н}$  (в зависимости от задания).

Можно также принять, что  $S_{нс} = S_{б}$ , тогда  $X_{расч}^* = X_{рез}^*$ .

5) По расчетным кривым /8, 10, 11/ для интересующего момента времени  $t$  определяют периодическую слагающую тока при трехфазном коротком замыкании в относительных единицах,  $I_{нкi}^*$ , если  $0 < X_{расч}^* < 3$ .

6) Зная кратность тока короткого замыкания  $I_{нкi}^*$  определяют ток в именованных единицах  $I_{нкi}$ , кА:

$$I_{нк\tau} = I_{нк\tau}^* \cdot I_{н\Sigma}^o, \quad (4.3)$$

где  $I_{н\Sigma}^o$  – суммарный номинальный ток источника, приведенный к той ступени напряжения  $U_{ср.н.б}$ , на которой рассчитывается ток к.з., равный:

$$I_{н\Sigma}^o = \frac{S_{н\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{ср.н.б}}, \quad (4.4)$$

где  $S_{н\Sigma}$  – суммарная мощность источников, питающих точку короткого замыкания.

Если  $X_{расч}^* < 0,6$ , то для времени  $t = \infty$  следует определять ток при двухфазном коротком замыкании,  $I_{н\infty}^{(2)}$  (подробно в /8/). При этом принимают, что  $X_{\Sigma 1} \approx X_{\Sigma 2}$  (т. е. суммарные сопротивления схем прямой и обратной последовательности одинаковы). Ток прямой последовательности,  $I_{*КА1\infty}^{(2)}$ , для особой фазы находится либо по кривым (для  $X_{расч}^{(2)*} = 2 X_{расч}^*$ ), либо аналитически:

$$I_{*КА1\infty}^{(2)} = \frac{1}{2 \cdot X_{расч}^*}. \quad (4.5)$$

В именованных единицах ток поврежденной фазы при двухфазном коротком замыкании:

$$I_{К\infty}^{(2)} = \sqrt{3} \cdot I_{*КА1\infty}^{(2)} \cdot I_{н\Sigma}^o. \quad (4.6)$$

Если  $X_{расч}^* > 3$ , то расчет по кривым вообще невозможен, периодическая слагающая тока короткого замыкания в любой момент времени постоянна и определяется аналитически как для системы бесконечной мощности:

$$I_{нк0} = I_{нк\tau} = \frac{I_{н\Sigma}^o}{X_{расч}^*} = \frac{I_{б}^o}{X_{рез}^*} = const. \quad (4.7)$$

Для проверки аппаратов на динамическую устойчивость определяют ударный ток короткого замыкания  $i_{y\partial}$ , который обычно имеет место через 0,01 секунды после начала короткого замыкания:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{н0} \cdot K_{y\partial}, \quad (4.8)$$

где  $I_{н0}$  – начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания;

$K_{y\partial}$  – ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания  $T_a$ .

$$K_{y\partial} = 1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}, \quad (4.9)$$

где  $T_a$  - постоянная времени равна

$$T_a = \frac{L_k}{R_k},$$

где  $L_k$  – индуктивность схемы  $L_k = \frac{X_k}{\omega}$ .

Для конкретной схемы:

$$T_a = \frac{X_{рез}}{R_{рез}}, \quad (4.10)$$

где  $X_{рез}$  и  $R_{рез}$  – соответственно индуктивное и активное результирующие сопротивления схемы.

Значения  $T_a$  и  $K_{уд}$  могут быть взяты из таблицы 4.3.

Ударный коэффициент может быть определен также из графика /11/, если известно  $T_a$ .

Для выбора коммутационной аппаратуры, кроме того, необходимо иметь значения периодической и аperiodической составляющих тока короткого замыкания для расчетного момента времени  $\tau$ .

Расчетное время  $\tau$ , для которого требуется определить токи короткого замыкания, зависит от места к. з. и вычисляется как:

$$\tau = t_{pc} + t_{св} + n \cdot \Delta t, \quad (4.11)$$

где  $t_{pc}$  – время срабатывания релейной защиты (не более 0,1 с);

$t_{св}$  – собственное время отключения выключателя (по каталогу). Для современных выключателей оно не превышает 0,1 с;

$n$  – количество ступеней селективности;

$\Delta t$  – продолжительность ступени селективности (0,3 – 0,5 с).

Так для ячейки отходящих линий это время  $\tau = t_{pc} + t_{св} + 0 \cdot \Delta t$ ; для ячейки секционного выключателя -  $\tau = t_{pc} + t_{св} + 1 \cdot \Delta t$ ; для ячейки ввода -  $\tau = t_{pc} + t_{св} + 2 \cdot \Delta t$  и т.д.

Таблица 4.3 - Средние значения отношения  $X/R$ , ударного коэффициента  $K_{уд}$  и постоянной времени  $T_a$  для характерных ветвей, примыкающих к точке короткого замыкания

Наименование ветви или место К. З.	$X/R$	$K_{уд}$	$T_a, с$
Ветвь генератор – трансформатор	30-50	1,9-1,95	0,1-0,2
Ветвь асинхронного двигателя	6,3	1,6	0,02
К.З. за линейным реактором на эл. станции	30	1,9	0,1
К.З. за линейным реактором на подстанции	18-20	1,85	0,06
К.З. за кабельной линией 6–10 кВ	3	1,4	0,01
К.З. за трансформатором $S_n = 1000$ кВА	6,3	1,6	0,02
К.З. на присоединении РУ ВН подстанции	15	1,8	0,05
К.З. на присоединении НН подстанции	20	1,85	0,06

Аperiodическая составляющая тока короткого замыкания определяется:

$$i_{a\tau} = i_{a0} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}}, \quad (4.12)$$

а при условии максимального значения:

$$i_{a\tau} = I_{nm\tau} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{нк0} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}}, \quad (4.13)$$

Для ускорения расчетов значение  $e^{-\frac{\tau}{T_a}}$ , целесообразно определять по кривым /11/ при известных величинах  $\tau$  и  $T_a$ .

Для проверки проводников на термическую стойкость при коротком замыкании пользуются понятием теплового импульса  $B_k$ , характеризующего количество теплоты, выделившейся в проводнике (иногда его называют импульсом квадратичного тока короткого замыкания):

$$B_k = I_{н\tau}^2 \cdot (\tau + T_a), \quad (4.14)$$

где  $I_{nkt}$  – значение периодической составляющей тока короткого замыкания при  $t = \tau$ ;  
 $\tau$  – время действия релейной защиты, определяемое по формуле 4.11;  
 $T_a$  – постоянная времени цепи короткого замыкания, определяемая по выражению 4.10 или по таблице 4.3.  
 Этот импульс учитывает как периодическую, так и апериодическую составляющую тока короткого замыкания, при этом значение  $B_k$  несколько повышено.  
 Для облегчения выбора аппаратуры и уменьшения объема расчетно-пояснительной записки результаты расчетов токов короткого замыкания рекомендуется свести в таблицу 4.4:

Таблица 4.4 - Сводная таблица расчета токов короткого замыкания

Номер расчетной точки и расположение на схеме подстанции	$I_{n0}^{(3)}$ , кА	$I_{n\infty}^{(3)}$ , кА	$I_{n\infty}^{(2)}$ , кА	$I_{n\tau}^{(3)}$ , кА	$i_{уд}^{(3)}$ , кА	$S_k$ , МВА	$\tau$ , с	$B_k$ , кА <sup>2</sup> ·с
точка $k_1$ точка $k_2$ (для ячейки ввода) ячейка секционного выключателя ячейка отходящих линий								

Примечание - Точки короткого замыкания см. на расчетной схеме рисунки 4.1, 4.2.

#### 4.2 Меры и средства ограничения токов короткого замыкания

В течение последних десятилетий токи короткого замыкания в электрических системах сильно увеличиваются вследствие увеличения мощности станций и развития сетей. Применение электрооборудования и кабелей, рассчитанных на большие токи короткого замыкания, приводит к значительному увеличению затрат на сооружение электроустановок и их сетей. В некоторых случаях токи короткого замыкания могут быть настолько велики, что вообще оказывается невозможным выбор электрооборудования и кабелей, устойчивых при коротких замыканиях. Поэтому в электроустановках применяют искусственные меры ограничения токов короткого замыкания, чем обеспечивается возможность применения более дешевого электрооборудования. В общем случае ограничение токов короткого замыкания достигается увеличением сопротивления цепи короткого замыкания. Для этого используют:

- 1) раздельную работу понижающих трансформаторов и линий питающей сети;
- 2) применение трансформаторов с расщепленными обмотками;
- 3) включение последовательно в три фазы сопротивлений – активных или индуктивных (реакторов);
- 4) применение системы с эффективно заземленной нейтралью в установках 110 кВ для ограничения токов однофазного короткого замыкания.

Для этой цели часть нейтралей трансформаторов разземляют. В нейтралях трансформаторов предусматривается аппарат – заземлитель нейтрали ЗОН (рисунок 4.4), который может включаться и отключаться обслуживающим персоналом по команде центрального диспетчера.

В приведенной схеме предусматривается также установка разрядника, который в режиме разземления нейтрали защищает ее как от коммутационных, так и от атмосферных перенапряжений.

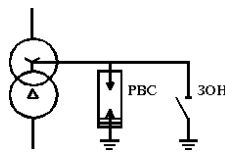


Рисунок 4.4 – Включение заземлителя нейтрали

### 5 Выбор и проверка оборудования на стороне 110–35 кВ подстанции

#### 5.1 Выбор шин

В РУ 35 кВ и выше применяются гибкие шины, выполненные проводами АС, обладающие малым удельным сопротивлением и хорошей механической прочностью.

1) Сечение  $F$ , мм<sup>2</sup> питающей линии (при напряжении 220 кВ и ниже) выбирается по экономической плотности тока:

$$F_э = \frac{I_{раб}}{j_э}, \quad (5.1)$$

где  $I_{раб}$  – рабочий ток на стороне высокого напряжения подстанции, А;  
 $j_э$  – экономическая плотность тока, определяемая материалом проводника, конструкцией сети, числом часов использования максимальной нагрузки,  $T_m$ , и т.д., А/мм<sup>2</sup> /5/.

Рабочий ток определяется:

$$I_{раб} = \frac{S'_{max}}{2\sqrt{3} \cdot U_{вн}}, \quad (5.2)$$

где  $S'_{max}$  – максимальная мощность подстанции, МВА, с учетом компенсирующих устройств;  
 $U_{вн}$  – напряжение подстанции с высокой стороны, кВ.

Для транзитной подстанции:

$$I_{раб} = \frac{S'_{max} + S'_{транз}}{\sqrt{3} \cdot U_{вн}}, \quad (5.3)$$

где  $S'_{транз}$  – мощность транзита, указанная в задании, МВА.

На ответвлениях к трансформаторам рабочий ток определяется по выражению 5.2.

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного значения, но при этом необходимо помнить, что по условиям короны минимальные сечения, рекомендуемые /6/, таковы:

70 мм<sup>2</sup> при  $U_{вн} = 110$  кВ,  
 120 мм<sup>2</sup> при  $U_{вн} = 150$  кВ,  
 240 мм<sup>2</sup> при  $U_{вн} = 220$  кВ,

2) Выбранное сечение необходимо проверить по нагреву в аварийном режиме, когда одна из цепей отключена:

$$I_{дл доп} > I_{ав}, \quad (5.4)$$

где  $I_{дл доп}$  – длительно допустимый ток для выбранного сечения линии,  
 А (из справочной литературы);

$I_{ав}$  – аварийный ток, А.

Аварийный ток приближенно определяется по формуле:

$$I_{ав} = 2 I_{раб} \quad (5.5)$$

или более точно по одной из следующих формул:

$$I_{ав} = \frac{S'_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{вн}}, \quad (5.6)$$

$$I_{ав} = \frac{S_{ном} \cdot k_2}{\sqrt{3} \cdot U_{вн}}, \quad (5.7)$$

где  $S_{ном}$  – номинальная мощность трансформатора, МВА;

$k_2$  – коэффициент аварийной перегрузки.

Если условие 5.4 не выполняется, следует увеличить сечение провода.

3) многопроволочные провода и трубчатые шины напряжением 35 кВ и выше, выбранные по экономической плотности тока и проверенные по нагреву в аварийном режиме, дополнительно должны быть проверены на коронирование, поскольку на подстанции расстояние между проводами значительно меньше, чем на линии.

Разряд в виде короны возникает при максимальном значении начальной критической напряженности электрического поля,  $E_{0кр}$ , кВ/см:

$$E_{0кр} = 30,3m \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}} \right), \quad (5.8)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода (для многопроволочных проводов  $m = 0.82$ );

$r_0$  – радиус провода, см.

Напряженность электрического поля  $E$  около поверхности нерасщепленного провода определяется по выражению:

$$E = \frac{0,354U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_0}}, \quad (5.9)$$

где  $U$  – линейное напряжение, кВ;

$D_{cp}$  – среднее геометрическое расстояние между проводами фаз, см; при горизонтальном расположении фаз  $D_{cp} = 1.26 D$  ( $D$  – расстояние между соседними фазами, см).

При горизонтальном расположении проводов напряженность на среднем проводе примерно на 7% больше величины, определенной по (5.8). Провода не будут коронировать, если наибольшая напряженность поля  $E_{max}$  у поверхности любого провода не более  $0.9 E_{окр}$ ,

то есть должно выполняться условие:

$$E_{max} = 1,07 E < 0,9 E_{окр} . \quad (5.10)$$

Если условие (5.10) не выполняется, то следует увеличить расстояние между фазами  $D$  или радиус провода  $r_0$ .

4) Выбранные провода должны быть проверены по ветровым нагрузкам и нагрузкам по гололеду в соответствии с ПУЭ.

5) На термическое и электродинамическое действия токов короткого замыкания проверяют гибкие шины РУ при  $I_{но}^{(3)} > 20$  кА и провода ВЛ при  $i_y^{(n)} > 50$  кА /5/.

В качестве расчетного тока при этом принимают ток при двухфазном коротком замыкании:

$$I_{но}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{но}^{(3)} , \quad (5.11)$$

## 5.2 Выбор изоляторов

В распределительных устройствах шины крепятся на опорных, проходных и подвесных изоляторах.

### 5.2.1 Выбор опорных изоляторов

1) по номинальному напряжению:

$$U_{уст} \leq U_{ном} . \quad (5.12)$$

2) по допустимой нагрузке:

$$F_{расч} \leq F_{доп} , \quad (5.13)$$

где  $F_{расч}$  – сила, действующая на изолятор;

$F_{доп}$  – допустимая нагрузка на головку изолятора.

$$F_{доп} = 0.6 F_{разр} , \quad (5.14)$$

где  $F_{разр}$  – разрушающая нагрузка на изгиб /9, 10, 11/.

При горизонтальном или вертикальном расположении изоляторов всех фаз расчетная сила  $F_{расч}$ , Н, определяется:

$$F_{расч} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i_{уд}^{(3)2} \cdot l}{a} \cdot k_h , \quad (5.15)$$

где  $i_{уд}^{(3)}$  – ударный ток при трехфазном коротком замыкании, А;

$l$  – длина пролета между опорными изоляторами, м /11/;

$a$  – расстояние между фазами, м /11/;

$k_h$  – поправочный коэффициент на высоту шины.

Если шина расположена на ребро, то  $k_h$  определяется:

$$k_h = \frac{H}{H_{из}} , \quad (5.16)$$

где  $H_{из}$  – высота изолятора;

$H$  – определяется исходя из размеров изолятора (рисунок 5.1)

$$H = H_{из} + b + h/2 . \quad (5.17)$$

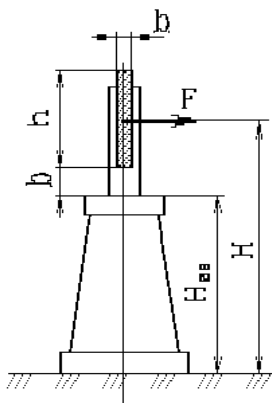


Рисунок 5.1 - К определению величины  $H$

### 5.2.2 Выбор проходных изоляторов

- 1) по напряжению (формула 5.12);
- 2) по номинальному току:

$$I_{max} \leq I_{ном}, \quad (5.18)$$

где  $I_{max}$  – максимальный рабочий ток, проходящий через изолятор;  
 $I_{ном}$  – номинальный ток изолятора (по справочным данным).

- 3) по допустимой нагрузке (формула 5.13).

Для проходных изоляторов расчетная сила  $F_{расч}$ ,  $H$ :

$$F_{расч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i_{уд}^{(3)2} \cdot l}{a}, \quad (5.19)$$

### 5.2.3 Выбор подвесных изоляторов

Подвесные изоляторы выбираются в зависимости от напряжения. В ОРУ для крепления гибких проводов применяются подвесные и натяжные гирлянды. Количество изоляторов в подвесной гирлянде зависит от номинального напряжения подстанции и условий окружающей среды. На механическую прочность подвесные изоляторы на высокой стороне можно не проверять, так как расстояния между фазами принимаются большими и при выборе количества изоляторов в гирлянде механические нагрузки уже учтены (вес провода, ветер, гололед и т. д.).

Для установок нормального типа применяют: 35 кВ – 3 - 4 изолятора в гирлянде; 110 кВ – 6 - 7; 220 кВ – 13 - 14. В натяжной гирлянде количество изоляторов увеличивается на один. При значительном загрязнении атмосферы гирлянду увеличивают на 1 - 2 изолятора или применяют гирлянды из подвесных изоляторов специальной конструкции с более развитой поверхностью. Иногда подвесные изоляторы применяют и в открытых установках напряжением 6-20 кВ. В этом случае достаточно одного изолятора.

## 5.3 Выбор и проверка высоковольтного выключателя

Выключатели выше 1000 В, предназначенные для включения и отключения электрических цепей высокого напряжения под нагрузкой, а также для отключения их при коротких замыканиях должны обладать достаточной отключающей способностью, возможно меньшим временем действия, высокой надежностью в работе. Они должны быть взрыво- и пожаробезопасны, просты по конструкции и удобны в эксплуатации, размеры, вес и стоимость их должны быть минимальными.

Наиболее распространенными и наиболее разнообразными по конструктивному выполнению являются масляные выключатели.

Выключатели выбирают по:

- 1) назначению и роду установки;
- 2) по конструктивному исполнению (с большим объемом масла, с малым объемом масла, воздушные и так далее);
- 3) по номинальному напряжению установки;

$$U_{c\text{ ном}} \leq U_{\text{ ном}} , \quad (5.20)$$

где  $U_{c\text{ ном}}$  - номинальное напряжение установки.

4) по длительному току:

$$I_{\text{ расч}} \leq I_{\text{ ном}} , \quad (5.21)$$

где  $I_{\text{ расч}}$  - расчетный ток, выбирается из наиболее неблагоприятного эксплуатационного режима;

5) по отключающей способности:

$$I_{\text{ н0}} \leq I_{\text{ пр.с}} , \quad (5.22)$$

где  $I_{\text{ пр.с}}$  - предельный сквозной ток (действующее значение периодической составляющей).

Выключатели необходимо проверять на:

1) электродинамическую стойкость:

$$i_{\text{ уд}} \leq i_{\text{ пр.с}} , \quad (5.23)$$

где  $i_{\text{ пр.с}}$  - номинальный ток электродинамической стойкости выключателя (амплитудное значение предельного полного тока).

2) термическую стойкость:

$$B_k \leq I_{\text{ пр.т}}^2 \cdot t_{\tau} , \quad (5.24)$$

где  $B_k$  - тепловой импульс тока короткого замыкания по расчету;

$I_{\text{ пр.т}}$  - предельный ток термической стойкости по каталогу;

$t_{\tau}$  - длительность протекания этого тока.

Приводы к выключателям выбирают по каталогам на выключатели, в которых заводы-изготовители дают указания о рекомендуемых типах приводов. Необходимо учитывать достоинства и недостатки различных типов приводов, а также род тока и мощность оперативного тока, который предполагается использовать для питания приводов.

#### 5.4 Выбор разъединителей, отделителей и короткозамыкателей

Разъединитель - это коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрической цепи без тока или с незначительным током, который для обеспечения безопасности имеет между контактами в отключенном положении изоляционный промежуток. При ремонтных работах разъединителем создается видимый разрыв между частями, оставшимися под напряжением, и аппаратами, выведенными в ремонт.

Разъединители могут быть внутренней и наружной установок. Заземляющие ножи могут быть расположены со стороны шарнирного или разъемного контакта или с обеих сторон. Заземляющие ножи имеют механическую блокировку, не разрешающую включать их при включенных главных ножах.

Включение и отключение разъединителей осуществляется электродвигательным приводом (ПДВ), позволяющим произвести эти операции дистанционно. Для управления заземляющими ножами используются ручные рычажные приводы (ПР, ПЧ).

Отделитель внешне не отличается от разъединителя, но у него для отключения имеется пружинный привод, который позволяет отключать отделитель автоматически. Включение отделителей производится вручную. Отделители, также как и разъединители, могут иметь заземляющие ножи с одной или двух сторон.

Короткозамыкатель - это коммутационный аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания в электрической цепи. Короткозамыкатели применяются в упрощенных схемах подстанций для того, чтобы обеспечить надежное отключение поврежденного трансформатора после создания искусственного короткого замыкания действием релейной защиты питающей линии. В установках 35 кВ применяют два полюса короткозамыкателя, при срабатывании которых создается искусственное двухфазное короткое замыкание. В установках с заземленной нейтралью (110 кВ и выше) применяется один полюс короткозамыкателя.

Выбор разъединителей и отделителей производится: по напряжению установки, по току (формулы 5.20, 5.21), по конструкции и роду установки. Их проверяют по электродинамической и термической стойкости (формулы 5.23, 5.24). При проверке по электродинамической стойкости ударный ток,  $i_{\text{ уд}}$ , определяется:



$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{y\partial} \cdot I_{no}^{(n)}, \quad (5.25)$$

где  $I_{no}^{(n)}$  - начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания для расчетного вида к.з.

При проверке на термическую стойкость тепловой импульс  $B_k$  определяется по выражению (4.13).

Короткозамыкатели выбираются по тем же условиям, но без проверки по току нагрузки. Результаты расчетов по выбору высоковольтных аппаратов для удобства необходимо свести в таблицу 5.1:

Таблица 5.1 - Таблица по выбору высоковольтных аппаратов

Условия выбора	Расчетные данные сети	Каталожные данные		
		Выключатели	Отделители, разъединители, ЗОН	Короткозамыкатели
$U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст}$	$U_{ном}$	$U_{ном}$	$U_{ном}$
$I_{расч} \leq I_{ном}$	$I_{расч}$	$I_{ном}$	$I_{ном}$	-
$I_{no} \leq I_{пр.с}$	$I_{no}$	$I_{пр.с}$	-	-
$i_{y\partial} \leq i_{пр.с}$	$i_{y\partial}$	$i_{пр.с}$	$i_{пр.с}$	$i_{пр.с}$
$I_{нт} \leq I_{откл.ном}$	$I_{нт}$	$I_{откл.ном}$	-	-
$B_k \leq I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$	$B_k$	$I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$	$I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$	$I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$

## 5.5 Выбор аппаратов в нейтрали трансформатора

Как указывалось выше (раздел 4.1), в установках 110 кВ в нейтрали трансформатора предусматривается заземлитель нейтрали ЗОН-110, который выбирается по тем же показателям, что и разъединитель. Кроме заземлителя нейтрали ЗОН-110 в нейтрали трансформатора устанавливается разрядник, предназначенный для защиты нейтрали от коммутационных и атмосферных перенапряжений. Разрядники должны быть выбраны на то напряжение, на которое выполнена изоляция нейтрали трансформатора. Подробнее выбор разрядников приведен в разделе 7.5.

## 5.6 Выбор измерительных трансформаторов

На подстанциях, выполненных по упрощенным схемам без сборных шин на высокой стороне, обычно не предусматривается установка контрольно-измерительных приборов на стороне высокого напряжения /11/, поэтому нет необходимости в трансформаторах напряжения и тока, за исключением трансформаторов тока, встроенных во вводы силовых трансформаторов и масляных выключателей (если таковые имеются).

Такие трансформаторы тока (ТВТ или ТВД) идут в комплекте с основным аппаратом и предназначены лишь для цепей релейной защиты. Выбор их сводится к выбору тока первичной обмотки, ближайшего к расчетному току:

$$I_{1ном} \geq I_{расч}, \quad (5.26)$$

где  $I_{1ном}$  - номинальный ток первичной обмотки встроенного трансформатора тока;

$I_{расч}$  - расчетный ток в цепи силового трансформатора.

Номинальные токи первичной обмотки трансформаторов тока указываются в каталогах на силовые трансформаторы или масляные выключатели, расчетный ток определяется по одной из формул (5.2, 5.3) в зависимости от места расположения аппарата в схеме.

## 6 Выбор и проверка оборудования на стороне 6-10 кВ подстанции

### 6.1 Выбор типа и конструкции распределительного устройства на напряжение 6-10кВ

#### 6.1.1 Основные положения

Исходя из выбранной ранее главной схемы электрических соединений подстанции, предварительно следует выбрать конструкцию РУ для последующей связи с ней выбираемых электрических аппаратов, токоведущих частей и их расположения.

Сводные рекомендации по выбору типа конструкции РУ представлены в таблице 6.1. На напряжение 35 кВ и выше, как правило, выполняется открытое распределительное устройство (ОРУ). При повышенной влажности и агрессивности окружающей среды выполняется закрытое РУ-ЗРУ. Однако стоимость ЗРУ обычно на 10 - 25 % выше стоимости соответствующих ОРУ.

Таблица 6.1 - Рекомендации по выбору конструкции РУ

$U_{ном}$ , кВ	6-10 (35)		6-10	35		35-220
Внешние условия	Любые			Нормальные		Стесненная площадка, тяжелые условия внешней среды
Электрическая схема	Одна система сборных шин	Две системы шин без реакторов	Одна система сборных шин с реакторами	Две системы сборных шин с реакторами	Любая	Одна или две системы сборных шин с обходной
Тип конструкции	КРУ КРУН СБРУ	ЭРУ	ЗРУ шкафы КРУ, СБРУ, КРУН	ЗРУ, шкафы КРУ для линейных выключателей	ОРУ	ЗРУ, КРУЭ

Если невозможно выполнить ЗРУ, то применяется специальное защищенное оборудование. В последнее время широкое распространение получили комплектные ячейки как внутренней, так и наружной установок. (Подробнее см. /11, 17/ и др.).

#### 6.1.4 Комплектные РУ-6 - 10 кВ типа КСО

Камеры КСО - стационарные одностороннего обслуживания (без выдвижных элементов) предназначены для тех же целей, что и шкафы КРУ. Они применяются в основном на подстанциях с простыми схемами главных соединений, на которых ток короткого замыкания не превышает 20 кА, где возможно применение малобъемных масляных выключателей ВМГ-10, ВМП-10К или выключателей нагрузки. Камеры КСО дешевле шкафов КРУ выкатного исполнения и требуют меньшей затраты металла. Основным отличием камер КСО от КРУ является их открытое исполнение - сборные шины проложены открыто сверху камеры.

При выборе аппаратов с низкой стороны следует сначала выписать номенклатуру ячеек, предназначенных к установке в данном РУ в соответствии с заданием и принятой схемой электрических соединений

- а) ячейки ввода;
- б) ячейки секционирования;
- в) ячейки отходящих линий;
- г) ячейки трансформатора напряжения;
- д) ячейки трансформатора собственных нужд.

Количество этих ячеек также зависит от схемы подстанции. На каждой на секций шин необходимо предусмотреть 1-2 резервные ячейки, а также место для установки шкафа ККУ (комплектных компенсирующих устройств).

Затем для каждого типа ячеек следует выписать аппараты, поставляемые в комплекте с ней, шины, тип привода и сравнить их данные с расчетными.

Кроме того, необходимо произвести расчет шинного моста.

#### 6.2 Выбор и проверка шинного моста

Шинный мост - это соединение трансформатора с распределительным устройством низкого напряжения (РУ НН). В качестве шинного моста могут использоваться как гибкие, так и жесткие шины, а также комплектные токопроводы. Технические данные их приведены в /10, 11/. При токах до 3000 А применяются одно- и двухполюсные шины, при больших токах рекомендуются шины коробчатого сечения, так как они обеспечивают меньшие потери от эффекта близости и поверхностного эффекта, а также лучшие условия охлаждения. Кроме того, коробчатые шины имеют меньший вес при одних и тех же значениях допустимого тока. Для лучшей теплоотдачи и удобства эксплуатации шины окрашиваются: при переменном токе: фаза А - в желтый, фаза В - в зеленый и фаза С - в красный цвет; при постоянном токе положительная шина окрашивается в красный, отрицательная - в синий цвет.

Шинный мост выбирается по экономической плотности тока (выражение 5.1) и проверяется по длительно допустимому току (выражение 5.4).

#### 6.3 Выбор и проверка сборных шин

В установках напряжением до 35 кВ включительно применяют сборные шины прямоугольного сечения, которые более экономичны, нежели круглые шины сплошного сечения. При одинаковой площади поперечного сечения прямоугольные шины лучше охлаждаются вследствие большей поверхности охлаждения.

Согласно [5] сечение сборных шин распределительных устройств всех напряжений по экономической плотности тока не выбирают, в связи с неопределенностью в распределении рабочего тока, режима работы и трудоемкости в определении экономического эффекта. Указанные шины выбирают по допустимому току нагрузки.

$$I_{доп} \leq I_{раб\ max}, \quad (6.20)$$

где  $I_{доп}$  - допустимый ток нагрузки шины (определяется по справочнику в зависимости от сечения);

$I_{раб\ max}$  - максимальный длительный ток нагрузки той цепи, для которой предназначена шина (определяется по одной из формул 6.1-6.8);

Сборные шины следует выбирать с учетом возможного токораспределения в них при различных режимах работы, при отключении одного из генераторов или трансформаторов и т.п. При этом необходимо помнить, что шины РУ НН фактически уже выбраны, если выбран тип ячеек. Их номинальные токи указаны и надо лишь сравнить данные ячейки с расчетными значениями. Расположение и крепление шин также определяется типом ячеек, и следовательно является заданным. Для проверки сборных шин справедливы все условия проверок, указанные в разделе 6.2.

## 6.4 Выбор отключающих аппаратов

### 6.4.1 Выбор масляных выключателей

Выключатели РУ НН выбираются по тем же условиям, что и на стороне ВН (см. раздел 5.3 или таблицу 5.1). С расчетными данными необходимо сравнивать номинальные данные тех выключателей, которые поставляются в комплекте с выбранной ячейкой. При этом проверку необходимо производить для трех типоразмеров выключателей: в ячейке ввода, секционной ячейке и в ячейках отходящих линий. Определяются токи для каждой из них:

для ячейки ввода:

$$I_{вв\ расч\ max} = \frac{S_{ном} \cdot k_2}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}}, \quad (6.21)$$

для ячейки секционирования:

$$I_{вс\ расч\ max} = \frac{S_{ном} \cdot k_2}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{нн}}, \quad (6.22)$$

для ячейки отходящих линий:

$$I_{во\ расч\ max} = \frac{S_{max}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{нн}}, \quad (6.23)$$

где  $S_{ном}$  - номинальная мощность трансформатора;

$k_2$  - коэффициент аварийной перегрузки;

$S_{max}$  - максимальная мощность потребителей на подстанции (в соответствии с заданием);

$n$  - число отходящих линий НН по заданию.

Приводы к выключателям указываются в технических характеристиках ячеек.

### 6.4.2 Выбор выключателей нагрузки

Выбор выключателей нагрузки аналогичен выбору масляных выключателей, но, так как они рассчитаны на отключение токов нормального режима, то при отсутствии последовательного включенного предохранителя проверка по отключающей способности производится по условию:

$$I_{\text{раб max}} \leq I_{\text{откл ном}}, \quad (6.24)$$

где  $I_{\text{раб max}}$  - наибольший возможный ток в рабочем режиме;

$I_{\text{откл ном}}$  - предельный ток отключения дугогасительными контактами.

При наличии последовательно включенного предохранителя:

$$I_{\text{н0}} \leq I_{\text{откл}}, \quad (6.25)$$

где  $I_{\text{н0}}$  - начальное действующее значение периодической составляющей тока в месте короткого замыкания (таблица 4.4);

$I_{\text{откл}}$  - предельный симметричный ток отключения патрона предохранителя.

При проверке выключателей нагрузки по динамической устойчивости ударный ток  $i_{y0}$  определяется с учетом токоограничивающей способности предохранителей.

### 6.5.2 Выбор и проверка кабельных линий

Кабели выбирают:

- 1) по напряжению установки:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}. \quad (6.28)$$

2) по конструкции /11, 13/;

3) по экономической плотности тока по формуле (5.1).

Выбранные кабели проверяют:

- 1) по допустимому току:

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (6.29)$$

где  $I_{\text{max}}$  - максимально возможный ток, протекающий по кабелю;

$I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток с учетом поправки на число рядом положенных в земле кабелей  $k_1$  и на температуру окружающей среды  $k_2$ :

$$I_{\text{доп}} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{\text{доп ном}}. \quad (6.30)$$

Поправочные коэффициенты  $k_1, k_2$  находят по справочникам или принимают в соответствии с /5/.

При выборе сечения кабелей следует учитывать допустимую перегрузку, определяемую по /5/ в зависимости от вида прокладки, длительности максимума и предварительной нагрузки.

2) по термической стойкости:

выбранные по нормальному режиму кабели проверяют на термическую стойкость по условиям (6.18) или (6.19). При этом кабели небольшой длины проверяют по току короткого замыкания в начале каждого участка. Два и более параллельных кабелей проверяют по токам короткого замыкания непосредственно за пучком кабелей, то есть с учетом разветвления тока короткого замыкания.

### 6.6 Выбор и проверка измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока предназначены для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле. (5 А, реже 1 или 2,5 А), а также для отделения цепей управления и защиты от первичных цепей высокого напряжения. Трансформаторы тока, применяемые в РУ, выполняют одновременно роль проходного изолятора (ТПЛ, ТПОЛ). В комплектных РУ применяются опорно-проходные (стержневые) трансформаторы тока – ТЛМ, ТПЛК, ТНЛМ, шинные - ТШЛ. В РУ 35 кВ и выше - встроены, в зависимости от типа РУ и его напряжения.

Расчет трансформаторов тока на подстанции, по существу, сводится к проверке трансформатора тока, поставляемого комплектно с выбранной ячейкой. Итак, марка трансформатора тока зависит от типа выбранной ячейки; кроме того, трансформаторы тока выбирают:

- 1) по напряжению  $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{н}}$ ;

2) по току ( первичному и вторичному)  $I_{расч} \leq I_{1н}$ .

При этом следует иметь в виду, что номинальный вторичный ток 1А применяется для РУ 500 кВ и мощных РУ 330 кВ, в остальных случаях применяют вторичный ток 5 А. Номинальный первичный ток должен быть как можно ближе к расчетному току установки, так как недогрузка первичной обмотки трансформатора приводит к увеличению погрешностей.

Выбранный трансформатор тока проверяют на динамическую и термическую стойкость к токам короткого замыкания. Кроме этого трансформаторы тока подбирают по классу точности, который должен соответствовать классу точности приборов, подключаемых ко вторичной цепи измерительного трансформатора тока (ИТТ) - Чтобы трансформатор тока обеспечил заданную точность измерений, мощность подключенных к нему приборов не должна быть выше номинальной вторичной нагрузки, указанной в паспорте трансформатора тока.

Пример 1:

Выбрать трансформатор тока в ячейке ввода силового трансформатора на подстанции. Номинальная мощность трансформатора 6,3 МВА, коэффициент трансформации 110/10,5 кВ. На подстанции установлено два трансформатора. Расчетная нагрузка подстанции составляет  $S_{max}$  10,75 МВА. Сеть 10 кВ не заземлена. Ударный ток на стороне низкого напряжения составляет 27,5 кА. К трансформаторам тока должны быть присоединены амперметры и счетчики активной и реактивной мощности. Тип ячеек в РУ-10 кВ - КРУ-2-10П.

Максимальный расчетный ток ячейки ввода (для наиболее неблагоприятного эксплуатационного режима):

$$I_{расч} = \frac{S_{шт} \cdot k_{перас}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} = \frac{6,3 \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 486 \text{ А.}$$

Выбирается ближайший стандартный трансформатор тока, встроенный в ячейку ввода (КРУ-2-10П) - ТПОЛ-600/5-0,5/Р с двумя вторичными обмотками: для измерительных приборов и релейной защиты.

Номинальная нагрузка такого трансформатора тока класса точности 0,5 -  $S_2 = 10 \text{ ВА}$  ( $r_2 = 0,4 \text{ Ом}$ ), кратность электродинамической устойчивости,  $k_{дин} = 81$ , кратность термической устойчивости,  $k_T = 3 \text{ с}$ . Эти данные указаны в /3, 10/.

Выбранный трансформатор тока проверяется на электродинамическую устойчивость:

$$\sqrt{2} \cdot k_{дин} \cdot I_{1н} \geq i_{уд} ,$$

$$\sqrt{2} \cdot 600 \cdot 81 = 68526 \geq 27500 ,$$

а также на термическую устойчивость:

$$(k_T \cdot I_{1н})^2 \cdot t_T \geq B_k ,$$

$$(600 \cdot 32)^2 \cdot 3 = 1105,92 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} ,$$

$$B_k = I_{но}^2 (t_{откл} + T_a) = 10,9^2 (1 + 0,025) = 121,78 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} .$$

$t_{откл} = 1 \text{ с}$  из расчета (таблица 4.4);  $T_a = 0,025 \text{ с}$  по таблице 4.3;

$$I_{но} = i_{уд} \sqrt{2} \cdot k_y = 27,5 \sqrt{2} \cdot 1,8 = 10,9 \text{ кА} ,$$

$$1105,92 > 121,78.$$

В незаземленных цепях достаточно иметь трансформаторы тока в двух фазах, например, в А и С. Определяются нагрузки на трансформатор тока от измерительных приборов, данные сводятся в таблицу 6.9:

Таблица 6.9 – Нагрузка измерительных приборов по фазам

Наименование прибора	Тип	Нагрузка по фазам		
		А	В	С
Амперметр	Н-377	0,1		
Счетчик активной энергии	САЗ-И673	2,5		2,5
Счетчик реактивной энергии	СРЧ-И676	2,5		2,5
Итого		5,1		5

Из таблицы видно, что наиболее нагруженной является фаза А, ее нагрузка составляет  $S_{2\text{приб}} = 5,1$  ВА

или  $r_{\text{приб}} = \frac{S_{2\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,1}{5^2} = 0,204$  Ом. Определяется сопротивление соединительных проводов из алюминия сечением  $q = 4$  мм<sup>2</sup>, длиной  $l = 5$  м.

$$r_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 5 \cdot \sqrt{3}}{4} = 0,061 \text{ Ом},$$

где  $\rho = 0,0283$  Ом/м·мм<sup>2</sup> для алюминия.

Полное сопротивление вторичной цепи:

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пров}} + r_{\text{конт}} = 0,204 + 0,061 + 0,05 = 0,315 \text{ Ом},$$

где  $r_{\text{конт}} = 0,05$  Ом.

Сравнивая паспортные и расчетные данные по вторичной нагрузке трансформаторов тока получаем:

$$\begin{aligned} r_{2н} &> r_2; \\ 0,4 &> 0,315. \end{aligned}$$

Следовательно, выбранный трансформатор тока проходит по всем параметрам.

## 6.7 Выбор и проверка измерительных трансформаторов напряжения

Трансформатор напряжения предназначен для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 или  $100\sqrt{3}$  В и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения. В зависимости от назначения могут применяться трансформаторы напряжения с различными схемами соединения обмоток.

### Пример 2:

Выбрать трансформатор напряжения на сборных шинах подстанции. Установленная мощность силовых трансформаторов 2х40 МВА. Количество отходящих линий - 19. В соответствии с выбранной схемой электрических соединений подстанции размещают необходимые приборы.

Измерительные приборы, их количество, технические данные для удобства расчета вносятся в таблице 6.10. Расчет ведется для наиболее загруженной секции шин.

Так как силовые трансформаторы мощностью 40 МВА выполняются с расщеплением обмоток, на подстанции будет 4 секции шин. Соответственно к каждой шине будет присоединено отходящих линий:

$$n = \frac{19}{4} = 4,75.$$

по 5 линий на трех секциях и 4 на четвертой.

Расчет ведется по наиболее загруженной секции 1. Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения приведена в таблице 6.10.

Предполагая, что на стороне 10 кВ выбрано комплектное РУ внутренней установки, выбираем трансформаторы напряжения НТМИ-10,  $S_{2\text{НОМ}} = 120$  ВА в классе точности 0.5. Полная мощность всех установленных на первой секции приборов:

$$S_{2с} = \sqrt{86^2 + 188,5^2} = 207,193 \text{ ВА}.$$

Так как мощность трансформатора напряжения меньше требуемой, предусматривается дополнительная установка двух однофазных трансформаторов НОЛ08-10У2, соединенных по схеме открытого треугольника /10/, общей мощностью  $2 \cdot 75 = 150$  ВА. Полная мощность всех установленных на первой секции трансформаторов напряжения:

$$S_{\text{НОМС}} = 120 + 150 = 270 \text{ ВА},$$

что больше  $S_{2\Sigma} = 207,193$ . Таким образом, трансформаторы напряжения будут работать в выбранном классе

точности - 0,5. Выбор трансформаторов напряжения на остальных секциях производится аналогично. Для соединения трансформаторов напряжения с приборами принимаем контрольный кабель АКВРГ с сечением жил 2,5 мм<sup>2</sup> по условию механической прочности.

Таблица 6.10 - Данные расчета и выбора трансформаторов напряжения

Прибор	Место установки	Тип	Мощность одной обмотки, Вт	Число обмоток	cos φ	sin φ	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
								P, Вт	Q, Вт
Вольтметр	сборные шины	3335	2	1	1	0	4	8	0
Счетчик активной энергии	Ввод 10 кВ от трансформатора	И-674	3	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик реактивной энергии		И-673	3	2	0,38	0,925	1	в	14,5
Счетчик активной энергии	Отходящая линия	И-674	3	2	0,38	0,925	5	30	72,5
Счетчик реактивной энергии		И-673	3	2	0,38	0,925	5	30	72,5
Счетчик активной энергии	Трансформатор собственных нужд	И-674	3	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Итого								86	188,5

### 6.8 Выбор трансформаторов собственных нужд, оперативный ток

Приемники собственных нужд подстанций делятся на три группы по степени надежности. Приемники 1 группы - это приемники, отключение которых приводит к нарушению нормального режима эксплуатации, к частичному или полному отключению или к авариям с повреждением основного оборудования. Для питания этой группы необходимо два источника с автоматическим включением резерва.

Приемники 2 группы - это приемники, отключение которых допустимо на 20 - 40 мин для подстанций с обслуживающим персоналом или до приезда обслуживающего персонала, если дежурного на подстанции нет. Восстановление питания у приемников этой группы осуществляется вручную.

К 3 группе относятся приемники, отключение которых допустимо на более длительное время.

По режиму включения в работу электроприемники собственных нужд подстанций разделяются на постоянно включенные в сеть; включаемые периодически в зависимости от температуры окружающего воздуха; включаемые во время ремонтов.

Постоянно включенные приемники 1 группы: оперативные цепи, электродвигатели системы охлаждения трансформаторов, аппаратура связи и телемеханики, электродвигатели системы смазки и охлаждения.

Периодически включаемые приемники 2 группы: электродвигатели компрессоров, зарядно-подзарядные устройства аккумуляторных батарей, освещение, электроотопление помещения, электроподогрев аппаратуры и шкафов высокого напряжения.

Приемники 3 группы: вентиляция и технологическая нагрузка вспомогательного здания, мастерские.

Мощность потребителей собственных нужд невелика, поэтому они питаются от сети 380/220 В, которая получает питание от понижающих трансформаторов. На двухтрансформаторных подстанциях 35-750 кВ устанавливаются два трансформатора собственных нужд (ТСН), мощность которых выбирают в соответствии с нагрузками и учетом допустимой перегрузки ( $K_n = 1,3 - 1,4$ ) /11, 14/ при выполнении ремонтных работ и отказах одного из трансформаторов. Предельная мощность ТСН - 630-1000 кВА /14/.

Присоединение ТСН к сети зависит от системы оперативного тока. Постоянный оперативный ток используют на всех подстанциях 330-750 кВ и выше и на подстанциях с РУ 110-220 кВ со сборными шинами,

переменный или выпрямленный - на подстанциях 35-220 кВ без выключателей высокого напряжения. На рисунке 6.1 показана схема питания ТСН подстанции на переменном или выпрямленном оперативном токе.

Здесь предусматривается непосредственное подключение ТСН к выводам низшего напряжения главных трансформаторов. Такое подключение обеспечивает питание сети оперативного тока и производство операции выключателями при отключении шин 6-10 кВ (подробнее см. /11, 15, 16/).

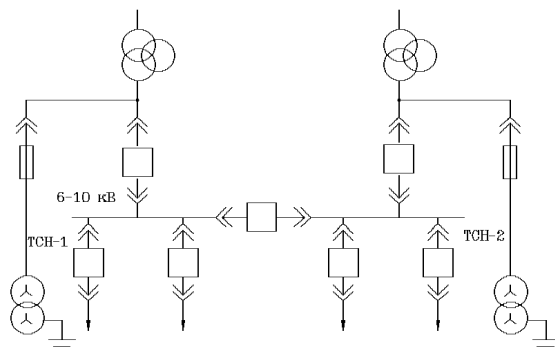


Рисунок 6.1 - Питание ТСН подстанции на переменном или выпрямленном оперативном токе  
На рисунке 6.2 показана схема включения ТСН подстанции на постоянном оперативном токе.

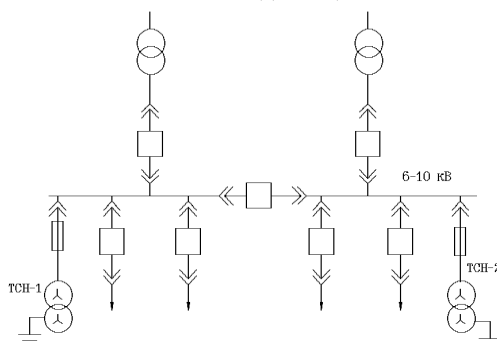


Рисунок 6.2 - Питание ТСН подстанции на постоянном оперативном токе

Здесь ТСН подключается непосредственно к шинам 6-10 кВ.

Обычно на подстанциях устанавливают один-два рабочих ТСН, но при наличии особо ответственных потребителей может предусматриваться резервный ТСН.

Номинальную мощность рабочих ТСН выбирают в соответствии с расчетной нагрузкой. Расчетная мощность ТСН определяется суммой мощностей всех электроприемников, которые присоединены к данному трансформатору /11/. При определении нагрузки собственных нужд подстанции можно пользоваться таблицей 5.4, приведенной в /11/.

При приближенных расчетах мощность, расходуемая на собственные нужды подстанции, составляет приблизительно 1 процент от полной мощности подстанции:

$$S_{сн} = 0,01S_{max} , \quad (6.42)$$

где  $S_{сн}$  - мощность собственных нужд подстанции;

$S_{max}$  - полная мощность подстанции.

Мощность ТСН с учетом коэффициента спроса составит:

$$S_{мсн} = k_c \cdot S_{сн} , \quad (6.43)$$

где  $k_c$  - коэффициент спроса, равный (0.7-0.8) /11, 21/.

Силовые трансформаторы собственных нужд для шкафов КРУ имеют общепромышленное исполнение. Они, как правило, заказываются россыпью и в комплект поставки заводов-изготовителей не входят. В шкафах КРУ размещают трансформаторы мощностью до 63 кВА. Трансформаторы большей мощности устанавливают вне КРУ, при этом аппараты, предназначенные для их защиты, а также предохранители (для трансформаторов мощностью до 400 кВА) или выключатели (для более мощных трансформаторов) устанавливают в шкафах КРУ.

В последнее время все большее применение в КРУ находят сухие трансформаторы мощностью 25 и 40 кВА. Эти трансформаторы обычно устанавливают на выдвижных элементах.



## 7 Расчет устройств заземления и грозозащиты подстанции

### 7.1 Назначение, выполнение и расчет заземляющих устройств

Для обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала от поражения напряжением прикосновения и шаговым напряжением необходимо все части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под таковым при повреждении изоляции, надежно заземлять.

Заземляющее устройство состоит из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлитель - это металлический проводник (труба, уголок) или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники (полоса, круглый прокат) служат для соединения заземлителей между собой и соединения их с заземляемыми частями оборудования.

В качестве заземлителей чаще всего используют вертикально забитые трубы длиной 2-3 м, диаметром 35-50 мм с толщиной стенки не менее 4 мм или уголки 50x50, 35x50 с толщиной стенки не менее 5 мм. Забитые в грунт трубы (уголки) на глубине 0,5-0,7 м соединяют посредством электродуговой сварки стальными полосами. Наименьшее допустимое сечение стальных полос при прокладке в земле должно быть 48 мм<sup>2</sup>.

Заземляющие устройства выполняются в соответствии с /5/:

1) для систем выше 1000 В с глухозаземленной и эффективно заземленной нейтралью заземляющие устройства следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению  $R_3$ , не менее 0,5 Ом, включая сопротивление естественных заземлителей, либо к напряжению прикосновения, а также с соблюдением требований к конструктивному выполнению заземления на заземляющем устройстве /5/;

2) в электроустановках выше 1000 В с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства должно быть не более:

- при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В:

$$R_3 = \frac{125}{I_3}, \quad (7.1)$$

где  $I_3$  - расчетный ток замыкания на землю, А;

- при использовании заземляющего устройства только для электроустановок напряжением выше 1000 В:

$$R_3 = \frac{250}{I_3}, \quad (7.2)$$

но не более 10 Ом.

Для выполнения заземления используют естественные и искусственные заземлители. В качестве естественных заземлителей используют водопроводные трубы, металлические трубопроводы, проложенные в земле (за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов), обсадные трубы скважин, заземлители опор воздушных линий, соединенные с заземляющими устройствами грозозащитным тросом, рельсовые подъездные пути при наличии перемычек между рельсами. Естественные заземлители должны быть связаны с магистралями заземлителей не менее, чем двумя проводниками в разных точках, справочные данные по заземлителям приведены в /11/.

Количество искусственных заземлителей определяется расчетом в зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства или допустимого напряжения прикосновения. Сопротивление заземлителя относительно земли определяется в основном сопротивлением грунта, размерами и формой заземлителя и глубиной заложения его в грунте. Формулы для расчета сопротивления заземлителя приведены в таблице 7.1.

Расчетное удельное сопротивление грунта ( $\rho_{расч}$ ) определяется по формуле:

$$\rho_{расч} = k_{max} \cdot \rho, \quad (7.3)$$

где  $k_{max}$  - повышающий коэффициент, зависящий от климатических условий местности;

$\rho$  - эквивалентное удельное сопротивление грунта при влажности 10-20 %.

Для электродов длиной 2 - 3 м при глубине заложения вершины 0,5 - 0,8 м,  $k_{max} = 1,2 - 2$ , а для протяженных электродов (случай характерный для скальных грунтов) полос и круглых, горизонтально лежащих в земле на глубине не более 0,8 м -  $k_{max} = 1,5 - 7$ . Физический смысл повышающего коэффициента состоит в том, чтобы обеспечить требуемую величину сопротивления в самых неблагоприятных условиях. Так, например, удельное сопротивление грунта увеличивается при промерзании почвы зимой и при уменьшении влажности в жаркие летние месяцы.

Таблица 7.2 - Эквивалентное удельное сопротивление грунта

Грунт	$\rho$ , Ом·см
Песок	$7 \cdot 10^4$

Супесок речной	$3 \cdot 10^4$
Суглинок	$2 \cdot 10^4$
Глина	$1 \cdot 10^4$
Глина, смешанная с известняком и щебнем	$1,5 \cdot 10^4$
Садовая земля	$0,4 \cdot 10^4$
Чернозем	$2 \cdot 10^4$
Лесс	$3 \cdot 10^4$
Гранит, известняк, песчаник	$1 \cdot 10^7$

В грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением целесообразна обработка земли поваренной солью. Обработка выполняется путем поочередной засыпки в котлован для электродов слоев грунта и соли при одновременной обильной поливке водой. С течением времени грунт, обработанный солью, теряет свой качества из-за растворения в нем соли, поэтому необходима периодическая повторная обработка, особенно перед наступлением грозового сезона.

При подсчете сопротивления заземлителей, состоящих из труб (уголков), необходимо учитывать экранирующее действие одного электрода на другой путем ввода коэффициента использования заземлителя ( $\eta_{yz}$ ), определяемого по кривым /11/. Для контурного расположения заземлителей коэффициент использования соединительных полос, необходимо принимать следующей величины:

при десяти трубах, уголках -  $\eta_{пол} = 0,4 - 0,6$ :

при двадцати-тридцати -  $\eta_{пол} = 0,25 - 0,45$ ;

при пятидесяти и более -  $\eta_{пол} = 0,2 - 0,4$ .

## 7.2 Последовательность расчета заземляющего устройства с учетом естественных заземлителей

1) устанавливается по нормам величина сопротивления заземляющего устройства  $R_3$ ;

2) определяется сопротивление относительно земли имеющихся в установке естественных заземлителей  $R_{ез}$ ;

Если  $R_{ез} < R_3$  для установок с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В и для установок напряжением менее 1000 В, то устройство искусственного заземлителя не требуется, а в установках с напряжением выше -1000 В с большим током замыкания на землю устройство искусственного заземления необходимо, причем его сопротивление должно быть не более 1 Ома.

Если  $R_{ез} > R_3$ , то определяют величину сопротивления искусственного заземлителя:

$$R_{из} = \frac{R_3 \cdot R_{ез}}{R_{ез} - R_3}, \quad (7.9)$$

где  $R_{из}$  - сопротивление искусственного заземлителя;

## 7.3 Порядок расчета заземляющего устройства без учета естественных заземлителей

1) уточняется для рассчитываемой установки:

- ток замыкания на землю  $I_3$ ; состав грунта и удельное сопротивление грунта  $\rho$ ;
  - способ устройства заземления с указанием на чертеже геометрических размеров по периметру и между электродами требуемая величина сопротивления заземления в соответствии с нормами  $R_3$ ;
  - величина  $K_{max}$ ,  $\eta_{yz}$ , кривые /11/, размеры полос электродов (в зависимости от значения тока короткого замыкания);
- 2) определяется расчетное удельное сопротивление грунта по формуле (7.3);
- 3) определяется сопротивление заземлителей по формулам таблицы 7.1;
- 4) определяется число уголков (труб) без учета соединительных полос:

$$n = \frac{R_{yz}}{R_3 \cdot \eta_{yz}}; \quad (7.15)$$

5) соединительные полосы учитываются так же как и при расчете заземляющего устройства с естественными заземлителями. После определения количества заземлителей и округления их до целого значения определяется действительная величина сопротивления заземляющего устройства, сравнивается с допустимой величиной  $R_3$  и делаются соответствующие выводы. Расчет заземляющего устройства по напряжению прикосновения приведен в /11, 13/.

#### 7.4. Защита подстанционного оборудования, от перенапряжения

Различают следующие виды перенапряжений:

1) внутренние (коммутационные и резонансные). Перенапряжения дуговых замыканий на землю в электросетях с незаземленной нейтралью достигают значений  $(3,5 - 3,65) \cdot U_{cp}$ ; перенапряжения при отключении ненагруженных линий достигает  $3,5 \cdot U_{cp}$ ; перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов для сетей с заземленной нейтралью достигает значения  $3 \cdot U_{cp}$ , а для сетей с изолированной нейтралью -  $(4 - 5) \cdot U_{cp}$ ;

2) атмосферные перенапряжения (перенапряжения прямого удара и индуцированные перенапряжения).

Для защиты линий электропередач от атмосферных перенапряжений применяют:

- трубчатые разрядники;
- грозозащитный трос;
- защитные свойства древесины на линиях с деревянными опорами в сочетании с устройствами автоматического повторного включения.

Для защиты подстанционного оборудования открытых распределительных устройств применяют:

- вентильные разрядники (или ограничители перенапряжений);

- трубчатые разрядники на подходах воздушных линий электропередач к подстанциям (для уменьшения амплитуды набегающей волны перенапряжения с линии);

- тросовые подходы к подстанциям (для уменьшения крутизны волны набегающей с линии);
- стержневые молниеотводы от прямых ударов молнии.

устанавливать вентильные разрядники.

#### 7.5 Выбор разрядников

Разрядники выбираются:

- по типу;
- по месту установки;
- по напряжению установки.

Для защиты вращающихся машин напряжением 6-10 кВ применяются магнитно-вентильные разрядники серии РВМ. Для защиты изоляции трансформаторов и оборудования РУ 3 - 10 кВ применяются вентильные разрядники серии РВП. Изоляцию оборудования напряжением 15 - 220 кВ следует защищать вентильными разрядниками серии РВС. Для защиты изоляции оборудования 15 - 35 кВ, испытательные напряжения которого снижены по сравнению с общими требованиями, должны применяться магнитно-вентильные разрядники серии РВМ. Изоляцию оборудования на номинальное напряжение 110 - 220 кВ с пониженными испытательными напряжениями, а также изоляцию оборудования 330 и 500 кВ следует защищать вентильными разрядниками с магнитным гашением дуги серии РВМГ. В тех случаях, когда на подстанции 110 кВ установлены автотрансформаторы со сниженным уровнем изоляции, для их защиты также применяют магнитно-вентильные разрядники типа РВМГ-110. Вентильные разрядники серии GZ, разрядники РС-10 и РВО-35 облегченной конструкции предназначены для защиты малоответственного оборудования 6-35 кВ. Комбинированные вентильные разрядники серии РВМК на напряжение 330 и 500 кВ предназначены для защиты изоляции напряжением 330 и 500 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений. Разрядники серии РВМК применяются лишь в тех случаях, когда необходима защита изоляции от внутренних перенапряжений, а разрядники серии РВМГ не могут быть установлены вследствие их ограниченной дугогасящей и пропускной способности.

В настоящее время для защиты сетей 110-500 кВ от атмосферных перенапряжений (а также от внутренних), наряду с вентильными разрядниками применяются ограничители перенапряжений ОПН, имеющие ряд преимуществ по сравнению с разрядниками (меньшие габариты и вес при тех же технических характеристиках), но пока еще более дорогие (подробнее см. /11/). По сравнению с серийно выпускаемыми разрядниками РВМГ нелинейные ограничители снижают уровень ограничения коммутационных перенапряжений на 30-40 процентов, атмосферных перенапряжений на 10-20 процентов.

Число и места установки вентильных разрядников следует выбирать, исходя из принятых на расчетный период схем электрических соединений, числа ВЛ и трансформаторов.

Вентильные разрядники на подстанциях 35-110 кВ с трансформаторами мощностью до 40 МВА, присоединяемых к ответвлениям, устанавливаются возможно ближе к защищаемому оборудованию, особенно к оборудованию с пониженным уровнем изоляции (вращающиеся машины, силовые трансформаторы), на расстоянии не более 10 м от трансформатора.

Подходы к подстанции должны быть защищены тросовыми молниеотводами.

Для защиты РУ 6-10 кВ от волн атмосферных перенапряжений, набегающих с ВЛ, установка вентильных разрядников производится в соответствии со следующими рекомендациями:

1) установка одного комплекта вентильных разрядников на шинах РУ или у трансформатора достаточна для защиты, как трансформатора, так и изоляции РУ, если связь трансформатора с РУ выполнена кабелями длиной не более 90 м.

При выполнении связи трансформатора с РУ открытым токопроводом вентильный разрядник, установленный на сборных шинах РУ 6 - 10 кВ, обеспечивает защиту изоляции, как РУ, так и трансформатора, если длина открытого токопровода, не превышает 60 м, а подход к линии 6-10 кВ к РУ имеет кабельную вставку;

2) при установке молниеотводов на трансформаторных порталах вентильный разрядник 6-10 кВ у вводов трансформатора обеспечивает защиту оборудования РУ при расстояниях между трансформатором и РУ не более 15 м. Защита от грозовых и кратковременных внутренних перенапряжений трансформаторов 110-220 кВ с уровнем изоляции нейтралей I и II /5/ выполняется вентильными разрядниками серии РВС. Магнитно-вентильные разрядники рекомендуется применять только для защиты трансформаторов, имеющих неотключаемые кабельные линии длиной более 110 м.

Устройство защиты нейтралей рекомендуется устанавливать непосредственно у трансформаторов. Для защиты нейтралей трансформаторов рекомендуются разрядники: при напряжении 150 кВ - РВС-11; 110 кВ - РВС-60; 35 кВ - РВС-20.

В ОРУ вентильные разрядники (как и все остальное оборудование) должны устанавливаться на основаниях-фундаментах или на металлических конструкциях высотой 2,5 – 3,0 м от уровня планировки подстанции. Разрядники, у которых нижняя кромка фарфорового кожуха расположена над уровнем планировки подстанции на высоте не менее 2,5 м, разрешается не огораживать. При меньшей высоте кромки кожуха разрядники должны иметь постоянные ограждения.

На подстанциях, выполненных по упрощенным схемам, устанавливается по одному комплекту разрядников (на присоединение) и, как правило, по два комплекта на проходных и многофидерных подстанциях. На некоторых мощных ОРУ число устанавливаемых комплектов разрядников доходит до четырех-пяти.

## 8 Задание на курсовой проект

Курсовой проект считается выполненным, если произведены и сведены в пояснительную записку все необходимые расчеты, а также выполнена графическая часть.

Пояснительная записка должна включать в себя следующие расчеты:

- 1 Выбор и обоснование главной схемы электрических соединений .
- 2 Расчет и построение годового графика нагрузки.
- 3 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов.
- 4 Токи короткого замыкания .
- 5 Выбор и проверка оборудования на стороне 110-35кВ подстанции.
- 6 Выбор и проверка оборудования на стороне 6-10кВ подстанции.
- 7 Расчет устройств заземления и грозозащиты подстанции.

Графическая часть выполняется на 1 листе формата А1, на котором изображается главная схема подстанции.

Варианты заданий приведены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8 - Варианты задания на курсовой проект

№ варианта	$P_n$ , МВт	$U_{ВН}$ , кВ	$U_{НН}$ , кВ	Число отходящих линий
1	16,5	110	10	10
2	17	35	10	15
3	14,5	35	6	20
4	12,5	110	10	25
5	17,4	110	6	10
6	16,8	110	10	15
7	11,2	35	10	20
8	10,6	35	6	25
9	13,4	110	10	22
10	17,2	110	6	10

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины:

а) Материально-технические условия

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Электрические станции и подстанции (лекции)	Учебная аудитория 203 – 453300, Республика Башкортостан, г.	– Доска магнитно-маркерная, настенная – Парта аудиторная двухместная со скамьей – 25 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft (MSWindows, MSServer, MSOffice, MSVisio,

		Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Ноутбук ASUS CPU Duo P8600; Дисплей 15.4; Жесткий диск 500: ГБ (переносной) – Проектор ACER PD523; Разрешение: 1024*768 (XGA) (переносной) – Экран Procolor на штативе (переносной)	MSProject): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.
	<b>Электрические станции и подстанции</b> (практические занятия)	Дисплейный класс 204а – 453300, Республика Башкортостан, г. Кумертау, ул. М.Горького, 22а	– Компьютеры Core i3 2120 3.30 ГГц., 4 Gb LGA775, HD 300 GB - 15 шт. – Монитор: BenQ G925HDA; Разрешение: 1366*768(16:9) Диагональ: 18,5; Тип матрицы TFT TN - 15 шт. – Клавиатура – Oklick 100M black USB - 15 шт. – Мышь компьютерная – GeniusNetScroll 110 - 15 шт. – Компьютерные столы - 15 шт. – Кресла компьютерные - 15 шт. – Доска магнитно-маркерная, настенная – Комплект мебели (двухместная парта и два стула) – 4 шт.	Семейство продуктов компании Microsoft(MSWindows, MSServer, MSOffice): Договор №ЭА-194/0503-15 от 17.12.2015 г. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса Стандартный: Договор №1055/0503-16 от 01.07.2016 г.

б) Учебно-методическое и информационное обеспечение

**Рекомендуемая литература**

1. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.В. Коломиец, Н.Р. Пономарчук, Г.А. Елгина. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 72 с.
2. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / Т.А. Филиппова. - Новосиб.:НГТУ, 2014. - 294 с.: ISBN 978-5-7782-2517-6.
3. Режимы электрооборудования электрических станций [Электронный ресурс] / В.И. Ветров, Л.Б. Быкова, В.И. Ключенович. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 243 с. ISBN 978-5-7782-1456-9.
4. Федоров С.В. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции» / С.В. Федоров; Кумертауский филиал ОГУ – Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2019. – 24 с.

**Приложение 4. Фонд оценочных средств для проведения итоговой аттестации**

**ВОПРОСЫ К ИТОГОВОМУ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО  
ПРОГРАММЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ  
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**