

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котенкова Светлана Владимировна  
Должность: Директор  
Дата подписания: 20.09.2022 15:05:42  
Уникальный программный ключ:  
4416d113ff2a6a4b931882373c1cf1143b8cd7bc

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)  
Калужский филиал ПГУПС**

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора по учебной  
работе  
Калужского филиала ПГУПС

\_\_\_\_\_ А.В. Полевой  
«27» июня 2022г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

**ПМ.02. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ**

*для специальности*

**13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)**

Квалификация – **Техник**  
вид подготовки - базовая

Форма обучения - очная

Калуга  
2022

Рассмотрено на заседании ЦК

протокол № 11 от «27»июня2022г.

Председатель \_\_\_\_\_/А.В. Сосков/

Фонд оценочных средств разработан на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) (базовая подготовка), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 1216 от 14.12.2017 г. и рабочей программы профессионального модуля ПМ.02 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей, утвержденной заместителем директора по учебно-воспитательной работе в 2020 году

**Разработчик ФОС:**

Заведующий отделениями специальностей: 27.02.03. Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте), 13.02.07. Электроснабжение (по отраслям), 08.02.10. Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство - Калужского филиала ПГУПС - Тасенкова Ю.В.

**Рецензенты:**

преподаватель Калужского филиала ПГУПС Миракова Е.В. \_\_\_\_\_

Зам. начальника Внуковской дистанции электроснабжения Московской дирекции по энергообеспечению – структурного подразделения Трансэнерго – филиала ОАО «РЖД»

Гусаков А.А. \_\_\_\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1</b>	<b>ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС МДК.02.01 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС МДК.02.02 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3</b>	<b>МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС МДК.02.03 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>46</b>
<b>3</b>	<b>КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>ФОРМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ МДК.02.01 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ КУРС МДК.02.02 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4</b>	<b>ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ КУРС МДК.02.03 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....</b>	<b>15</b>
<b>3.5</b>	<b>ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ.....</b>	<b>17</b>
<b>3.6</b>	<b>ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ЭКЗАМЕНА (КВАЛИФИКАЦИОННОГО) .....</b>	<b>18</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</b>	<b>18</b>

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств (далее ФОС) является неотъемлемой частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися основной профессиональной образовательной программы подготовки специалистов среднего звена и обеспечивает повышение качества образовательного процесса.

ФОС является частью учебно-методического обеспечения профессионального модуля. ФОС по профессиональному модулю представляет собой совокупность контролирующих материалов, позволяющих оценить знания, умения и приобретенные компетенции.

Целью создания ФОС является установление соответствия уровня подготовки обучающихся на конкретном этапе обучения требованиями Федерального государственного стандарта среднего профессионального образования, основной профессиональной образовательной программе. ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

В результате освоения профессионального модуля ПМ.02 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей обучающийся должен обладать следующими умениями, знаниями, общими и профессиональными компетенциями, предусмотренными ФГОС СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) для базового вида подготовки специалистов среднего звена среднего профессионального образования.

Объектами контроля и оценки являются сформированность практического опыта, умений, знаний, общих и профессиональных компетенций:

<b>Объекты контроля и оценки</b>	<b>Объекты контроля и оценки</b>
<b>ПО 1</b>	<i>составлении электрических схем устройств электрических подстанций и сетей</i>
<b>ПО 2</b>	<i>модернизации схем электрических устройств подстанций</i>
<b>ПО 3</b>	<i>технического обслуживания трансформаторов и преобразователей электрической энергии</i>
<b>ПО 4</b>	<i>обслуживании оборудования распределительных устройств электроустановок</i>
<b>ПО 5</b>	<i>эксплуатации воздушных и кабельных линий электропередачи</i>
<b>ПО 6</b>	<i>применении инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов</i>
<b>У1</b>	<i>устройство оборудования электроустановок</i>
<b>У2</b>	<i>условные графические обозначения элементов электрических</i>

	<i>схем</i>
<b>У3</b>	<i>логику построения схем</i>
<b>У4</b>	<i> типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок</i>
<b>У5</b>	<i>виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей</i>
<b>У6</b>	<i>виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств</i>
<b>У7</b>	<i>эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию</i>
<b>У8</b>	<i>основные положения правил технической эксплуатации электроустановок</i>
<b>У9</b>	<i>виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения</i>
<b>З1</b>	<i>устройство оборудования электроустановок</i>
<b>З2</b>	<i>условные графические обозначения элементов электрических схем</i>
<b>З3</b>	<i>логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок</i>
<b>З4</b>	<i>виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей</i>
<b>З5</b>	<i>виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств</i>
<b>З6</b>	<i>эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию</i>
<b>З7</b>	<i>основные положения правил технической эксплуатации электроустановок</i>
<b>З8</b>	<i>виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения</i>
<b>ОК 01</b>	<i>Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам</i>
<b>ОК 02</b>	<i>Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности</i>
<b>ОК 03</b>	<i>Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие</i>
<b>ОК 04</b>	<i>Работать в коллективе и команде, эффективно</i>

	<i>взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами</i>
<b>ОК 05</b>	<i>Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста</i>
<b>ОК 06</b>	<i>Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей</i>
<b>ОК 07</b>	<i>Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях</i>
<b>ОК 08</b>	<i>Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности</i>
<b>ОК 09</b>	<i>Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности</i>
<b>ОК 10</b>	<i>Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках</i>
<b>ОК 11</b>	<i>Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере</i>
<b>ПК 2.1</b>	<i>Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей</i>
<b>ПК 2.2</b>	<i>Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии</i>
<b>ПК 2.3</b>	<i>Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем</i>
<b>ПК 2.4</b>	<i>Выполнять основные виды работ по обслуживанию воздушных и кабельных линий электроснабжения</i>
<b>ПК 2.5</b>	<i>Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию</i>

## **2. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

### **2.1. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС МДК 02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций**

Проверка и оценка усвоения обучающимися учебного материала, сформированности умений и навыков являются необходимым компонентом процесса обучения. Это не только **контроль** результатов обучения, но и **руководство** познавательной деятельностью обучающихся на разных стадиях учебного процесса.

Проверка и оценка знаний должны удовлетворять определенным дидактическим требованиям: систематичность, регулярность проверки и контроля обязательны.

Оценка знаний носит индивидуальный характер. Каждый обучающийся должен знать, что оцениваются его знания, его умения и навыки.

Знания, умения и навыки проверяются и оцениваются с точки зрения выполнения материала, заложенного в учебной программе профессионального модуля. Качество усвоения содержания программ – основной критерий оценки знаний.

Проверяя и оценивая усвоение обучающимися теоретического и фактического материала, нужно видеть влияние получаемых знаний на общее и умственное развитие, на формирование качеств личности, на отношение к учебе. Проверка знаний помогает преподавателю видеть процесс развития обучающегося, процесс формирования умственных, моральных, эмоциональных и волевых качеств личности.

Формы проверки знаний обучающихся представлены ниже.

### **ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ УСТНЫЙ ОПРОС**

#### **1. Описание**

Устный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На проведение опроса отводится 20 минут.

При работе обучающийся может использовать следующие источники: конспект лекций, отчет по практической работе, презентацию.

#### **2. Критерии оценки устных ответов**

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

### 3. Примерные вопросы

Раздел 1. Электрические схемы электрических подстанций.	Вопросы
Тема 1.1. Короткие замыкания в электрических системах.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем вызвана необходимость ограничения токов КЗ?</li> <li>2. Поясните сущность пассивного метода ограничения токов КЗ?</li> <li>3. Поясните сущность активного метода ограничителя токов КЗ?</li> <li>4. Для чего необходимо остаточное напряжения на шинах при КЗ за реакторами на отходящей линии?</li> <li>5. Почему на воздушных линиях реакторы не устанавливают?</li> <li>6. В чем достоинство сдвоенных реакторов?</li> <li>7. Назовите виды коротких замыканий?</li> <li>8. Чем отличается замыкание на землю в системе с заземленной нейтралью от замыкания в системе с изолированной нейтралью?</li> <li>9. Что такое мгновенное значение ударного тока?</li> <li>10. Что такое базисное или среднее значение напряжения электроустановки?</li> <li>11. В каких единицах измеряется относительное сопротивление?</li> <li>12. Какие существуют мероприятия по повышению надежности электрических систем от короткого замыкания?</li> </ol>

### ПИСЬМЕННЫЙ ОПРОС

#### 1. Описание



Письменный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На проведение опроса отводится 30 минут.

## 2. Критерии оценки письменных ответов

«5» «отлично» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

«4» «хорошо» - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

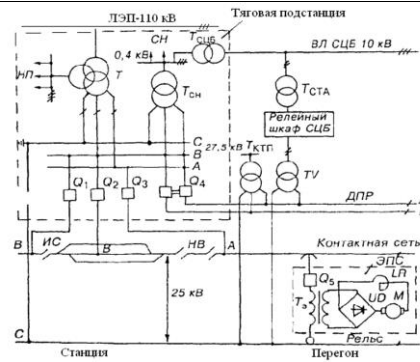
«3» «удовлетворительно» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

«2» «неудовлетворительно» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

## 3. Примерные задания

Раздел 1. Электрические схемы электрических подстанций.	
Тема 1.4. Электрические подстанции	<p><b>Вариант – 1</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Действие электрического тока на человека.</p> <p><i>Задание 2.</i> Заземляющее устройство.</p> <p><i>Задание 3.</i> Когда следует выполнять заземление и зануление согласно ПУЭ?</p> <p><i>Задание 4.</i> Распределение потенциалов на поверхности земли вокруг одиночного заземлителя.</p> <p><i>Задание 5.</i> Как защищаются здания от молнии?</p> <p><b>Вариант – 2</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Воздействие тока замыка-</p>

	<p>ния на землю и человека при отсутствии и наличии заземления.</p> <p><i>Задание 2.</i> Какие части подлежат заземлению?</p> <p><i>Задание 3.</i> Что такое напряжение шага и напряжение прикосновения?</p> <p><i>Задание 4.</i> Как выполняют внутреннюю сеть заземления?</p> <p><i>Задание 5.</i> Что такое МЗС? Виды?</p> <p><b>Вариант – 3</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Что такое заземлитель и проводник?</p> <p><i>Задание 2.</i> Что не требуется заземлять и занулять?</p> <p><i>Задание 3.</i> Распределение потенциалов на поверхности земли при контурном заземлении?</p> <p><i>Задание 4.</i> Виды искусственных заземлителей?</p> <p><i>Задание 5.</i> Чему равно сопротивление заземляющего устройства согласно ПУЭ?</p> <p><b>Вариант – 4</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Что такое защитное и рабочее заземление?</p> <p><i>Задание 2.</i> Что такое зануление?</p> <p><i>Задание 3.</i> Виды заземлителей?</p> <p><i>Задание 4.</i> Что такое экранирование?</p> <p><i>Задание 5.</i> От чего зависит сопротивление заземлителей?</p>
Раздел 2. Тяговые подстанции	
Тема 2.3. Тяговые подстанции переменного тока	<p><b>Вариант – 1</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Что такое система внешнего электроснабжения?</p> <p><i>Задание 2.</i> Виды системы тягового электроснабжения.</p> <p><i>Задание 3.</i> Написать тип системы и питание ЭПС.</p>

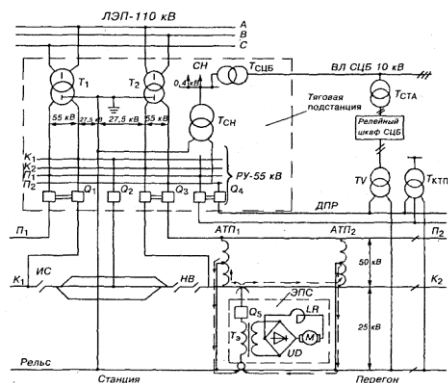


## Вариант – 2

*Задание 1.* Система тягового электроснабжения.

*Задание 2.* Достоинства и недостатки тяговых подстанций переменного тока.

*Задание 3.* Написать тип системы и питание ЭПС.



Раздел 3. Обслуживание трансформаторов и преобразователей электрической энергии

Тема 3.1. Организация технического обслуживания электрооборудования подстанций

Тема 3.2. Техническое обслуживание оборудования трансформаторных подстанций

## Вариант – 1

*Задание 1.* Требования, предъявляемые к электромонтеру тяговой подстанции.

*Задание 2.* Производителю работ: обязанности и группа по электробезопасности.

*Задание 3.* Организационные мероприятия.

## Вариант – 2

*Задание 1.* Что должен знать и выполнять электромонтер тяговой подстанции?

*Задание 2.* Выдающий наряд, отдающий распоряжение:

	<p>обязанности и группа по электробезопасности.  <i>Задание 3.</i> Технические мероприятия в ЭУ.</p> <p><b>Вариант – 3</b>  <i>Задание 1.</i> Требование безопасности перед началом работы.  <i>Задание 2.</i> Ответственный руководитель работ: обязанности и группа по электробезопасности.  <i>Задание 3.</i> Наряд, работы выполняемые по наряду.</p> <p><b>Вариант – 4</b>  <i>Задание 1.</i> Категории работ в отношении мер безопасности.  <i>Задание 2.</i> Допускающий: обязанности и группа по электробезопасности.  <i>Задание 3.</i> Распоряжение, работы выполняемые по распоряжению.</p>
<p>Раздел 4. Обслуживание оборудования распределительных устройств электроустановок</p>	
<p>Тема 4.1. Техническое обслуживание распределительных подстанций и устройств</p>	<p><b>Вариант – 1</b>  <i>Задание 1.</i> Назовите режим работы и номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока.  <i>Задание 2.</i> Почему нельзя разрывать цепь вторичной обмотки трансформатора тока?  <i>Задание 3.</i> Почему перед испытаниями обмотка трансформатора тока должна быть заземлена на время не менее 2 мин?  <i>Задание 4.</i> Какое сопротивление изоляции обмоток должно быть у трансформатора тока?  <i>Задание 5.</i> Назовите температуру, при которой измеряют тангенс угла диэлектрических потерь изоляции обмоток?</p> <p><b>Вариант – 2</b>  <i>Задание 1.</i> Назовите величину тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформаторов 110</p>

	<p>и 220кВ?</p> <p><i>Задание 2.</i> Назовите время испытаний изоляции трансформаторов тока?</p> <p><i>Задание 3.</i> Каким напряжением испытывается изоляция вторичной обмотки трансформатора тока?</p> <p><i>Задание 4.</i> При какой температуре производится отбор проб масла?</p> <p><i>Задание 5.</i> Как оформляется отчетная документация?</p>
--	--

## ТЕСТЫ

### 1. Описание

Тесты проводятся с целью контроля усвоенных умений, знаний и последующего анализа типичных ошибок (затруднений) обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На выполнение теста отводится 10 минут.

### 2. Критерии оценки

Оценка	Количество верных ответов
«5» - отлично	Выполнено 91-100 % заданий
«4» - хорошо	Выполнено 76-90% заданий
«3» - удовлетворительно	Выполнено 61-75 % заданий
«2» - неудовлетворительно	Выполнено не более 60% заданий

### 3. Примерные тестовые вопросы/ задания

Тест №1

1. Совокупность устройств, для производства, передачи и распределения электрической энергии это:

- А) энергетическая система
- В) система электроснабжения
- С) электростанция
- Д) источник питания
- Е) электрическая система

2. Электростанция, снабжающая потребителей электрической и тепловой энергии, располагающаяся в районе их потребления:

- А) КЭС
- В) ТЭЦ
- С) ГРЭС
- Д) ГЭС
- Е) АЭС

3. Из приведенного ряда напряжений (кВ): 0,38; 0,66; 0,88; 1,0 нестандартным является:
- А) 0,38
  - В) 1,0
  - С) 3,0
  - Д) 0,66
  - Е) 0,88
4. Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии на определенные территории:
- А) трансформаторная подстанция
  - В) электростанция
  - С) электрическая сеть
  - Д) распределительный пункт
  - Е) энергетическая система
5. Какая электростанция преобразует водную энергию в электрическую?
- А) АЭС
  - В) ТЭС
  - С) ГЭС
  - Д) ГРЭС
  - Е) КЭС
6. Из приведенного ряда напряжений (кВ): 10; 20; 35; 50; 110 нестандартным является:
- А) 10
  - В) 20
  - С) 35
  - Д) 50
  - Е) 110
7. Электроустановка, предназначенная для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения:
- А) теплоэлектростанция
  - В) трансформаторная подстанция
  - С) приемный пункт
  - Д) распределительный пункт
  - Е) источник питания
8. Электростанции, снабжающие потребителей только электроэнергией располагающиеся в районе энергетических запасов:
- А) ТЭС
  - В) ГЭС
  - С) АЭС
  - Д) ГРЭС
  - Е) КЭС
9. Из приведенного ряда напряжений (кВ): 1; 3; 6; 9; 1,0 нестандартным является:
- А) 1
  - В) 3

- С) 6
- Д) 9
- Е) 1

10. На сколько групп делят электроприемники по режиму работы?

- А) на 2
- В) на 3
- С) на 4
- Д) на 5
- Е) на 6

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	В	В	Е	С	С	Д	В	Д	Д	В

Тест № 2

1. Распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования:

- А) распределительный пункт - РП
- В) приемный пункт - ПП
- С) источник питания - ИП
- Д) трансформаторная подстанция -ТП
- Е) электроустановка - ЭУ

2. Расшифровать буквенную аббревиатуру – ГПП.

- А) главный переключательный пункт
- В) главный приемный пункт
- С) городской пункт приема
- Д) подстанция глубокого преобразования
- Е) главная понизительная подстанция

3. Как делятся тепловые электрические станции ТЭС по характеру обслуживания?

- А) ГРЭС
- В) КЭС
- С) ТЭЦ
- Д) АЭС
- Е) перечисленные в п. А, В, С

4. Электростанции, снабжающие потребителей только электроэнергией, но удаленные от них и передающие вырабатываемую мощность на высоких и сверхвысоких напряжениях.

- А) ТЭС
- В) ГЭС
- С) ГРЭС
- Д) КЭС
- Е) АЭС

5. Предприятия или установки, предназначенные для производства электроэнергии.
- А) электростанция
  - В) энергосистема
  - С) трансформаторная подстанция
  - Д) система электроснабжения
  - Е) электрическая система
6. В зависимости от вида энергии, потребляемой первичным двигателем, электростанции могут быть:
- А) тепловыми
  - В) гидроэлектростанциями
  - С) атомными
  - Д) газотурбинными
  - Е) все вышеперечисленное
7. Совокупность установок по выработке, распределению и потреблению электроэнергии и теплоты, связанных между собой электрическими и тепловыми сетями -
- А) система электроснабжения
  - В) энергетическая система
  - С) электрическая система
  - Д) электростанция
  - Е) теплоэлектростанция
8. Схема, на которой показываются основные функциональные части электроустановки и связи между ними -
- А) принципиальная
  - В) оперативная
  - С) структурная
  - Д) главная
  - Е) функциональная
9. Что является потребителями собственных нужд на трансформаторных подстанциях?
- А) осветительные установки
  - В) вентиляционные установки
  - С) насосные станции
  - Д) механизмы механических мастерских
  - Е) все вышеперечисленные
10. На сколько категорий разделяют электроустановки потребителей электроэнергии согласно ПУЭ?
- А) на 2
  - В) на 3
  - С) на 4
  - Д) на 6
  - Е) нет правильного ответа

Эталоны ответов:



№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	А	Е	Е	Д	А	Е	В	С	Е	А

### Тест №3

1. Какие параметры указываются в паспорте завода - изготовителя электроприемника?

- А) максимальные
- В) минимальные
- С) номинальные
- Д) основные
- Е) ток и напряжение

2. Чем характеризуется повторно-кратковременный режим работы электроприемника?

- А) температурой окружающей среды
- В) периодом пауз
- С) рабочим периодом времени включения
- Д) коэффициентом продолжительности включения
- Е) температурой нагрева электроприемника

3. Как называется режим работы электроприемника, при котором машина успевает охладиться до температуры окружающей среды во время паузы?

- А) кратковременный
- В) повторно-кратковременный
- С) продолжительный
- Д) постоянный
- Е) длительный

4. Чему равна установленная мощность электроприемников ЭП?

- А) тах значению одного из ЭП  $P_y = P_{max}$
- В) расчетному значению одного из ЭП  $P_y = P_{расч}$
- С) сумме номинальных мощностей ЭП  $P_y = \sum P_H$
- Д) сумме любых из данных мощностей ЭП  $P_y = \sum P_H + P_{max} + P_{расч}$
- Е) нет правильного ответа

5. Какие схемы электрических сетей применяют при равномерном распределении нагрузки по площади цеха?

- А) радиальные
- В) магистральные
- С) смешанные
- Д) кольцевые
- Е) распределительные

6. Какие схемы электрических сетей применяют при наличии групп нагрузок с неравномерным распределением их по площади цеха?

- А) магистральные
- В) кольцевые
- С) смешанные
- Д) радиальные

- Е) распределительные
7. Как называются схемы электрических сетей, питающие крупные электроприемники или распределительные пункты, от которых в свою очередь отходят самостоятельные линии, питающие мелкие электроприемники?
- А) кольцевые  
 В) распределительные  
 С) радиальные  
 Д) смешанные  
 Е) магистральные
8. Какими достоинствами обладают магистральные схемы электрических сетей?
- А) надежность  
 В) простота  
 С) дешевизна  
 Д) высокая гибкость сети  
 Е) перечисленное в п. В, С, Д
9. Какими недостатками обладают радиальные схемы электрических сетей?
- А) неэкономичность  
 В) ограниченная гибкость сети  
 С) небольшая надежность  
 Д) перечисленное в п. А и В  
 Е) перечисленное в п. А, В, С
10. Какие проводники электрических сетей производят питание электроприемников промышленных предприятий?
- А) провода  
 В) кабели  
 С) шинопроводы  
 Д) токопроводы  
 Е) все вышеперечисленное

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	С	Д	А	С	В	Д	С	Е	Д	Е

Тест №4

1. По какой формуле определяется расчетная реактивная нагрузка при эффективном числе электроприемников  $n_p \leq 10$ ?

- А)  $Q_p = Q_{см}$   
 В)  $Q_p = 1,1 Q_{см}$   
 С)  $Q_p = \sum_1^n Q_{см}$   
 Д)  $Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$

$$E) Q_p = \sum_1^n Q_{cm} \cdot K_{max}$$

2. Как называют участки осветительной сети от источника питания до групповых щитков освещения?
  - А) питающие
  - В) групповые
  - С) щитовые
  - Д) основные
  - Е) дополнительные
3. Количество подключенных щитков освещения на каждую линию, отходящую от РУ низкого напряжения?
  - А) 2
  - В) 4
  - С) не более 5
  - Д) 7
  - Е) любое количество
4. Виды освещения для промышленных предприятий
  - А) рабочее
  - В) аварийное
  - С) местное
  - Д) наружное
  - Е) указанное в п. А и В
5. Сколько проводными выполняются питающие осветительные сети?
  - А) двухпроводными
  - В) трехпроводными
  - С) четырехпроводными
  - Д) варианты В и С
  - Е) варианты А, В, С
6. Как называют участки осветительной сети от групповых щитков освещения до светильников?
  - А) питающие
  - В) групповые
  - С) основные
  - Д) дополнительные
  - Е) щитовые
7. Сколько проводными выполняются групповые осветительные сети?
  - А) двухпроводными
  - В) трехпроводными
  - С) четырехпроводными
  - Д) варианты В и С
  - Е) варианты А, В, С
8. Что является особенностью осветительных электрических сетей по сравнению с сетями силовых электроприемников?
  - А) значительная протяженность сети
  - В) значительная разветвленность сети

- С) небольшие мощности участков сети  
 Д) наличие установок рабочего и аварийного освещения  
 Е) все вышеперечисленное
9. Откуда осуществляется питание аварийного освещения промышленных предприятий?  
 А) с щита постоянного тока  
 В) с щита собственных нужд  
 С) с ТП  
 Д) с РУ 6 кВ  
 Е) с силового трансформатора 380/220
10. Какой метод расчета электрических нагрузок наиболее точный и принят за основной для всех проектных организаций?  
 А) расчет электрических нагрузок по удельной плотности на единицу производственной площади  
 В) расчет электрических нагрузок по коэффициенту спроса  
 С) расчет электрических нагрузок по удельному расходу электроэнергии на единицу выпускаемой продукции  
 Д) расчет электрических нагрузок по коэффициенту использования  $K_n$  и коэффициенту максимума  $K_{\text{макс}}$   
 Е) расчет по графикам нагрузки

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	В	А	С	Е	Д	В	Е	Е	А	Д

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### 1. Описание

Самостоятельная работа по данному разделу/теме включает работу по самостоятельному изучению обучающимися ряда вопросов, выполнения домашних заданий, подготовку к лабораторно-практическим занятиям.

На самостоятельное изучение представленных ниже заданий отводится 90 минут.

Для формирования результатов обучения необходимо следующее оборудование: нормативно-справочная литература, доступ к сети интернет и т.д.

### 2. Критерии оценки самостоятельной работы

«5» «отлично» - в самостоятельной работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«4» «хорошо»** - в самостоятельной работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«3» «удовлетворительно»** - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

**«2» «неудовлетворительно»** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, возможны существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

### **3. Примерные вопросы для самостоятельного изучения**

Проработка материала и подготовка докладов и конспектов по темам разделов Устройство электрической подстанции, Техническое обслуживание электрической подстанции, Электрические схемы трансформаторных подстанций, Обслуживание электрических подстанций, Разработка и оформление технологической и отчетной документации электрических подстанций.

### **4. Примерные задания для самостоятельной работы**

1. Чтение основной и дополнительной литературы. Самостоятельное изучение материала.
2. Работа с библиотечным каталогом, самостоятельный подбор необходимой литературы.
3. Работа со справочниками.
4. Поиск необходимой информации в сети Интернет.
5. Конспектирование источников.
6. Работа по трансформации учебного материала, перевод его из одной формы в другую.
7. Ведение дневника (дневник практики и т.д.)
8. Просмотр видеоматериала.
9. Выполнение аудио - и видеозаписей по заданной теме.
10. Подготовка к различным формам промежуточной и итоговой аттестации (к тестированию, контрольной работе, зачету, экзамену).
11. Выполнение домашних работ.
12. Самостоятельное выполнение практических заданий репродуктивного типа (ответы на вопросы, тесты).
13. Выполнение творческих заданий.
14. Подготовка устного сообщения для выступления на занятии.

15. Написание реферата. Подготовка к защите (представлению) реферата на занятии.
16. Подготовка доклада.
17. Выполнение комплексного задания или учебного проекта по учебной дисциплине.
18. Подготовка к выступлению на конференции.
19. Выполнение расчетов.
20. Изучение инструкционной и технологической карты.

## **5. Примерные формы отчетности результатов самостоятельной работы**

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Организация самопроверки, взаимопроверки выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Проведение письменного опроса.
5. Проведение устного опроса.
6. Организация и проведение индивидуального собеседования.
7. Организация и проведение собеседования с группой.
8. Защита отчетов о проделанной работе.
9. Проведение олимпиад.
10. Участие в конференциях.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ**

### **1. Описание**

В ходе практического занятия обучающиеся приобретают умения, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины, учатся использовать формулы, применять различные методики расчета, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания.

Содержание, этапы проведения практического занятия представлены в обязательном приложении **Методические указания по проведению практических занятий по междисциплинарному курсу МДК 02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций.**

При оценивании практического занятия учитываются следующие критерии:

- качество выполнения работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Основная цель практического занятия №4научиться рассчитывать токи КЗ методом относительных единиц для опорной подстанции.

На проведение практического занятия отводится 90 минут.

Для формирования результатов обучения необходимо следующее оборудование: инструкционная карта практического занятия, калькулятор.

## 2. Критерии оценки практического занятия

«5» «отлично» - самостоятельно и правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия, ссылаясь на нормативно-правовую базу.

«4» «хорошо» - самостоятельно и в основном правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия.

«3» «удовлетворительно» - в основном решил учебно-профессиональную задачу или задание, допустил несущественные ошибки, слабо аргументировал свое решение, используя в основном понятия.

«2» «неудовлетворительно» - не решил учебно-профессиональную задачу или задание.

## 3. Примерные задания

1. Рассчитать относительные результирующие сопротивления  $X_{\text{БК1}}^*$  и  $X_{\text{БК2}}^*$ , токи и мощность короткого замыкания в точках К1 и К2 расчетной схемы ( $I_{\text{К1}}$ ,  $I_{\text{К2}}$ ,  $i_{\text{УК1}}$ ,  $i_{\text{К2}}$ ,  $I_{\text{УК1}}$ ,  $I_{\text{УК2}}$ ,  $S_{\text{К1}}$ ,  $S_{\text{К2}}$ ). Активные сопротивления не учитываются. Номинальное напряжение всех элементов считать равным средним напряжениям соответствующих ступеней, указанных на рисунке 1. Исходные данные приведены в таблице 1 ( $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ ).

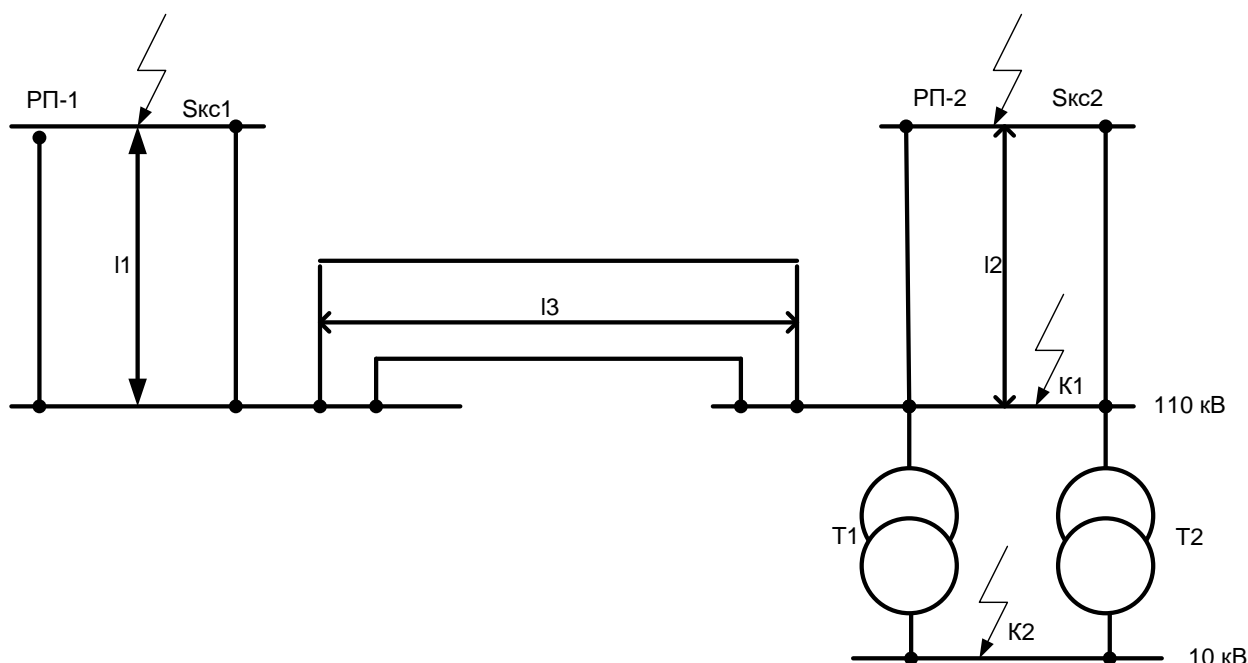


Рисунок 1- Расчетная схема

Таблица 1 Расчетные данные

Исходные данные	Вариант
-----------------	---------

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические данные трансформаторов подстанций	T1,	S <sub>н</sub> МВА	10	16	20	25	32	40	16	10	20	25
	T2		10,5	11	17	10	12	10,5	11	10	17	12
Мощность короткого замыкания системы	S <sub>кз1</sub> МВА		500	700	1000	800	600	900	400	600	800	1000
	S <sub>кз2</sub> МВА		400	500	700	600	900	1000	600	500	700	800
Длина линии в километрах	L1		70	65	60	50	55	45	80	85	90	95
	L2		80	75	70	65	90	95	100	95	85	75
	L3		100	95	90	85	80	75	70	65	80	90

2. По расчетной схеме составить эквивалентную схему замещения цепи К.З., замещая действительные элементы схемы их сопротивлениями.

3. Рассчитать относительные сопротивления элементов цепи К.З.,  $X_{*б.с.}$ ,  $X_{*бл.}$ ,  $X_{*бт.}$ , Ом, указанных на схеме замещения, используя формулы (1),(2),(3)

$$X_{*б.с.} = \frac{S_б}{S_{кз}}, (1)$$

где  $X_{*б.с.}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$S_б$  - базисная мощность,  $S_б=100$ МВА;

$S_{кз}$  - мощность К.З. схемы, МВА.

$$X_{*бл} = X_{ол} \times \frac{S_б}{U_{ср}^2}, (2)$$

где  $X_{*бл}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$l$  - длина линии, км;

$X_{о}$  - удельное сопротивление линии, Ом/км;

$U_{ср}$  - среднее напряжение линии.

$$X_{*бт} = \frac{u_k}{100} \times \frac{S_б}{S_{н.т.}}, (3)$$

где  $u_k$  - напряжение К.З. трансформатора, %;

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора, МВА;

$X_{*бт}$  - относительное базисное сопротивление трансформатора.

4. Упростить схему замещения до результирующего относительного сопротивления цепи К.З.  $X_{*бк1}$  и  $X_{*бк2}$ , преобразуя ее в соответствии правилами электротехники

5. Рассчитать токи и мощность К.З. в точках К1 и К2 в следующей последовательности:

5.1 Определить базисный ток,  $I_б$ , А, по формуле (4)

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{2}U_б}, (4)$$

где  $I_б$  - базисный ток, кА;

$U_б$  - базисное напряжение для данной точки К.З., кВ.

5.2 Определить действующие значение тока К.З.,  $I_k$ , А, для каждой точки К1 и К2 по формуле (5)



$$I_k = \frac{I_b}{X_{*bk1}}, (5)$$

где  $I_k$ - установившийся ток КЗ в расчетной точке;

$X_{*bk1}$ - относительное базисное сопротивление цепи КЗ до расчетной точки.

5.3 Определить ударный ток в расчетных точках КЗ,  $i_y, I_y, kA$ , по формулам (6), (7)

$$i_y = 2,55 \times I_k, (6)$$

$$I_y = 1,52 \times I_k, (7)$$

где  $i_y$ - мгновенное значение ударного тока;

$I_y$ - действующее значение ударного тока.

5.4 Определить мощность КЗ,  $S_k$ , МВА, в расчетных точках К1 и К2 по формуле (8)

$$S_k = \frac{S_b}{X_{*bk1}}, (8)$$

где  $S_k$ - мощность в расчетной точке, МВА.

6. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды коротких замыканий?
2. Чем отличается замыкание на землю в системе с заземленной нейтралью от замыкания в системе с изолированной нейтралью?
3. Что такое мгновенное значение ударного тока?
4. Что такое базисное или среднее значение напряжения электроустановки?
5. В каких единицах измеряется относительное сопротивление?

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

### 1. Описание

Курсовой проект проводится с целью систематизации знаний и умений обучающихся по междисциплинарному курсу МДК 02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций. Его выполнение позволяет получить следующий практический опыт:

- производить расчет мощности трансформаторной подстанции;
- выбирать понизительные трансформаторы;
- производить расчет токов короткого замыкания на шинах проектируемой подстанции, расчет максимальных рабочих токов;
- осуществлять выбор необходимого оборудования;
- разрабатывать мероприятия для решения поставленных в курсовой работе /курсовом проекте задач.

Курсовой проект (работа) состоит из графической части (чертежей) и расчётно-пояснительной записки. Содержанием курсового проекта является по заданной расчетной схеме электроснабжения и установленной мощности потребителей, производится расчет мощности трансформаторной подстанции, выбираются понизительные трансформаторы, производится рас-

чет токов короткого замыкания на шинах проектируемой подстанции, расчет максимальных рабочих токов. Выбираются и проверяются сборные шины, изоляторы для каждого распределительного устройства. Далее выбираем для всех присоединений коммутационные аппараты – высоковольтные выключатели и разъединители с проверкой их на соответствие током короткого замыкания. Затем для каждого распределительного устройства подстанции выбираются трансформаторы напряжения и проверяются на соответствие классу точности и для каждого присоединения подстанции выбираются трансформаторы тока, с проверкой на соответствие току КЗ. Производится выбор защит присоединения подстанции. Составляется однолинейная схема подстанции и ее описание. В проекте приводятся требования «Правила устройства электроустановок» к сооружению трансформаторных подстанций.

Задания для курсового проекта (работы) индивидуальные.

На выполнение курсового проекта (работы) отводится 30 академических часов.

При работе обучающийся может использовать следующие источники:

- 1) Бурякова Е.А. МДК 01.01. Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций. Методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015;
- 2) Кожунов В. И. Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.
- 3) Правила устройств электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2014 г. (+CD).-М.: КНОРУС, 2014. - 488 с.

Содержание, этапы проведения курсового проектирования представлены в обязательном приложении: Методические указания по организации и проведению курсового проектирования по междисциплинарному курсу.

## **2. Критерии оценки**

**«5» «отлично»** - выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в полном объеме; используется основная литература по проблеме, проект отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлен с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

**«4» «хорошо»** - выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в полном объеме; проект отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлен с соблюдением установленных правил;

студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

**«3» «удовлетворительно»** - выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

**«2» «неудовлетворительно»** - выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них.

### **3. Примерные темы курсовых проектов (работ)**

Тема 1 Расчет и выбор оборудования трансформаторной подстанции с двухобмоточными трансформаторами.

Тема 2 Расчет и выбор оборудования трансформаторной подстанции с трехобмоточными трансформаторами.

#### **2.2. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС МДК 02.02 Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения**

Проверка и оценка усвоения обучающимися учебного материала, сформированности умений и навыков являются необходимым компонентом процесса обучения. Это не только **контроль** результатов обучения, но и **руководство** познавательной деятельностью обучающихся на разных стадиях учебного процесса.

Проверка и оценка знаний должны удовлетворять определенным дидактическим требованиям: систематичность, регулярность проверки и контроля обязательны.

Оценка знаний носит индивидуальный характер. Каждый обучающийся должен знать, что оцениваются его знания, его умения и навыки.

Знания, умения и навыки проверяются и оцениваются с точки зрения выполнения материала, заложенного в учебной программе профессионального модуля. Качество усвоения содержания программ – основной критерий оценки знаний.

Проверяя и оценивая усвоение обучающимися теоретического и фактического материала, нужно видеть влияние получаемых знаний на общее и умственное развитие, на формирование качеств личности, на отношение к учебе. Проверка знаний помогает преподавателю видеть процесс развития обучающегося, процесс формирования умственных, моральных, эмоциональных и волевых качеств личности.

Формы проверки знаний обучающихся представлены ниже.

# ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

## УСТНЫЙ ОПРОС

### 1. Описание

Устный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На проведение опроса отводится 20 минут.

При работе обучающийся может использовать следующие источники: конспект лекций, отчёт по практической работе, презентацию.

### 2. Критерии оценки устных ответов

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

### 3. Примерные вопросы

Раздел 8 Электрические схемы электрических сетей	Вопросы
---	---------

<p>Тема 8.1. Устройство и конструктивное исполнение электрических сетей</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как классифицируют потребителей электроэнергии?</li> <li>2. На какие группы подразделяются приёмники электрической энергии?</li> <li>3. Как подразделяют приёмники по частоте питающего тока?</li> <li>4. Какие режимы работы существуют у приёмников электрической энергии?</li> <li>5. Какие электроустановки называют распределительными?</li> <li>6. Какими аппаратами и изделиями комплектуются распределительные устройства?</li> <li>7. Какие существуют схемы внешнего электроснабжения подстанций?</li> <li>8. В чём различие систем с изолированной и с глухозаземлённой нейтралью?</li> <li>9. Приведите классификацию электрических сетей.</li> </ol>
---	---

## ПИСЬМЕННЫЙ ОПРОС

### 1. Описание

Письменный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На проведение опроса отводится 30 минут.

### 2. Критерии оценки письменных ответов

**«5» «отлично»** - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«4» «хорошо»** - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках.

Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

«3» «удовлетворительно» - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

«2» «неудовлетворительно» - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

### 3. Примерные задания

Раздел 6 Устройство контактной сети	
Тема 6.1 Контактные подвески Тема 6.2 Основные материалы контактной сети	<p><b>Вариант – 1</b> <i>Задание 1.</i> Объясните устройство простой контактной подвески и область её применения. <i>Задание 2.</i> Перечислите марки контактных и многопроволочных проводов, применяющихся на электрифицированных железных дорогах переменного и постоянного тока. <i>Задание 3.</i> Дайте определение длины пути утечки тока.</p> <p><b>Вариант – 2</b> <i>Задание 1.</i> Перечислите признаки, по которым классифицируется цепная контактная подвеска и область применения? <i>Задание 2.</i> Перечислите способы стыкования контактных и многопроволочных проводов контактной сети. <i>Задание 3.</i> Объясните особенности полимерных, фарфоровых и стеклянных изоляторов.</p> <p><b>Вариант – 3</b> <i>Задание 1.</i> Назовите конструктивные особенности цепных контактных подвесок, применяемых на участках со скоростью движения поездов более 160 км/ч. <i>Задание 2.</i> Перечислите электрические и механические характеристики изоляторов контактной сети.</p>

	<p><i>Задание 3.</i> Объясните, по каким параметрам выбирают марки контактных проводов для конкретных условий эксплуатации.</p> <p><b>Вариант – 4</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, по каким критериям организуется обращение поездов повышенного веса и длины на электрифицированных линиях?</p> <p><i>Задание 2.</i> Перечислите типы изоляторов, применяемых на контактной сети.</p> <p><i>Задание 3.</i> Назовите технические характеристики контактных проводов.</p>
<p>Тема 6.3 Арматура и узлы контактной сети</p>	<p><b>Вариант – 1</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, как подвешивают и анкеруют провода контактной сети.</p> <p><i>Задание 2.</i> Перечислите способы стыкования контактных и многопроволочных проводов контактной сети.</p> <p><i>Задание 3.</i> Объясните устройство контактных подвесок в искусственных сооружениях.</p> <p><b>Вариант – 2</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, какое расстояние между струнами принимают в контактных подвесках.</p> <p><i>Задание 2.</i> Перечислите типы применяемых опорных узлов контактных подвесок.</p> <p><i>Задание 3.</i> Объясните назначение компенсирующих устройств.</p> <p><b>Вариант – 3</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Назовите типы проводов, из которых выполняют струны контактных подвесок.</p> <p><i>Задание 2.</i> Объясните, что представляют собой эквивалентные схемы опорных узлов.</p> <p><i>Задание 3.</i> Перечислите типы сопряжений контактных подвесок.</p> <p><b>Вариант – 4</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Перечислите типы приме-</p>

	<p>няемых электрических соединителей контактных подвесок.</p> <p><i>Задание 2.</i> Объясните, как выполняют воздушные стрелки контактной сети.</p> <p><i>Задание 3.</i> Поясните назначение и устройство средней анкеровки.</p>
<p>Тема 6.4 Ветроустойчивость контактной сети</p> <p>Тема 6.5 Питание и секционирование контактной сети</p>	<p><b>Вариант – 1</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, как достигается ветроустойчивость контактных подвесок.</p> <p><i>Задание 2.</i> Объясните, какие имеются меры для уменьшения автоколебаний проводов.</p> <p><i>Задание 3.</i> Какими устройствами осуществляют электрическое разделение секций контактной сети?</p> <p><b>Вариант – 2</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, что такое колебания проводов контактной сети.</p> <p><i>Задание 2.</i> Объясните, какие длины пролётов должны быть на ветровых участках.</p> <p><i>Задание 3.</i> Какую защиту от пережогов контактных проводов монтируют на изолирующих сопряжениях?</p> <p><b>Вариант – 3</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, как взаимодействуют несущий трос и контактный провод цепной подвески при воздействии на неё ветровой нагрузки.</p> <p><i>Задание 2.</i> Какие системы тягового электроснабжения применяются на электрифицированных железных дорогах?</p> <p><i>Задание 3.</i> Перечислите конструкции секционных изоляторов.</p> <p><b>Вариант – 4</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Объясните, как можно повысить ветроустойчивость контактных подвесок в эксплуатационных условиях.</p> <p><i>Задание 2.</i> Что такое продольное и поперечное секционирование?</p> <p><i>Задание 3.</i> Как осуществляется сты-</p>



	<p>кование систем постоянного и переменного тока?</p>
<p>Тема 6.6 Устройства контактной сети Тема 6.7 Составление монтажных планов контактной сети</p>	<p><b>Вариант – 1</b>  <i>Задание 1.</i> Объясните, какие поддерживающие и фиксирующие устройства применяют на электрифицированных железных дорогах.  <i>Задание 2.</i> Перечислите нагрузки, действующие на поддерживающие и фиксирующие устройства контактной сети.  <i>Задание 3.</i> Какие наименьшие расстояния от проводов до поверхности земли и между собой?</p> <p><b>Вариант – 2</b>  <i>Задание 1.</i> Объясните, как устроены жёсткие и гибкие поперечины.  <i>Задание 2.</i> Объясните методику выбора типовых консолей, фиксаторов и жёстких поперечин.  <i>Задание 3.</i> Какие требования предъявляют к габаритам опор?</p> <p><b>Вариант – 3</b>  <i>Задание 1.</i> Объясните, для чего применяют фиксаторы контактной сети.  <i>Задание 2.</i> Каковы основные расстояния контактного провода над УГР?  <i>Задание 3.</i> Как определяются длины пролётов анкерных участков и между опорами?</p>

	<p><b>Вариант – 4</b></p> <p><i>Задание 1.</i> Перечислите особенности изолированных и неизолированных консолей.</p> <p><i>Задание 2.</i> Каковы требования, предъявляемые к уклонам контактного провода?</p> <p><i>Задание 3.</i> Перечислите требования к составлению планов контактной сети на станции.</p>
--	--

## ТЕСТЫ

### 1. Описание

Тесты проводятся с целью контроля усвоенных умений, знаний и последующего анализа типичных ошибок (затруднений) обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На выполнение теста отводится 10 минут.

### 2. Критерии оценки

Оценка	Количество верных ответов
«5» - отлично	Выполнено 91-100 % заданий
«4» - хорошо	Выполнено 76-90% заданий
«3» - удовлетворительно	Выполнено 61-75 % заданий
«2» - неудовлетворительно	Выполнено не более 60% заданий

### 3. Примерные тестовые вопросы/ задания

Тест №1

1) Показатель качества электроэнергии, появляющийся при наличии в трехфазной электрической сети напряжений обратной и нулевой последовательностей, значительно меньших по величине соответствующих составляющих напряжения прямой (основной) последовательности

А - отклонение напряжений

Б - колебания напряжений

В - не симметрия напряжений

Г - не синусоидальность напряжений

2) Сечение, при котором приведённые затраты на линию являются наименьшими

А - приведённая площадь сечения

Б - оптимальная площадь сечения

В - минимальная площадь сечения

Г - экономическая площадь сечения

- 3) Контактная подвеска, где провод свободно свисает между точками его подвеса на опорах
- А - одинарная
  - Б - подвесная
  - В - простая
  - Г – цепная
- 4) Подвеска, в которой контактный провод подвешивают на струнах непосредственно к несущему тросу:
- А - одинарная
  - Б - двойная
  - В - подвесная
  - Г – простая
- 5) Устройство для создания зигзагов контактного провода у опор
- А - ограничитель
  - Б - разъединитель
  - В - консоль
  - Г – фиксатор
- 6) Цепная подвеска, где несущий трос расположен точно над контактным проводом
- А - полукосая
  - Б - косая
  - В - вертикальная
  - Г – горизонтальная
- 7) Цепная подвеска, где натяжение всех проводов не регулируется
- А - некомпенсированная
  - Б - полукompенсированная
  - В - компенсированная
  - Г - ромбовидная
- 8) В маркировке МФ-100 цифра означает
- А - электрическое сопротивление провода
  - Б - номинальная площадь сечения
  - В - временное сопротивление при растяжении
  - Г - масса провода
- 9) Изоляторы, применяющиеся в тех местах, где затруднена их дефектировка
- А - стеклянные
  - Б - фарфоровые тарельчатые
  - В - фарфоровые стержневые
  - Г – полимерные
- 10) Опоры, только поддерживающие контактную подвеску
- А - промежуточные
  - Б - фиксирующие
  - В - анкерные
  - Г – фидерные

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	В	Г	В	А	Г	В	А	Б	А	А

Тест №2

1) Поддерживающее устройство для закрепления несущих тросов цепных подвесок

А - кронштейн

Б - консоль

В - фиксатор

Г – траверса

2) Устройства для надёжного эластичного крепления контактных проводов к несущему тросу

А - зажимы

Б - струны

В - скобы

Г – болты

3) Максимальная длина анкерного участка

А - 1500 м

Б - 1600 м

В - 1700 м

Г - 1750 м

4) Конструктивная высота цепной подвески в точке подвеса должна быть

А - 1,7 м

Б - 1,8 м

В - 1,9 м

Г - 2 м

5) Высота подвешивания контактного провода на перегонах и станциях должна быть не менее

А - 5550 мм

Б - 5675 мм

В - 5750 мм

Г - 6000 мм

6) Высота подвешивания контактного провода на переездах должна быть не менее

А - 5550 мм

Б - 5675 мм

В - 5750 мм

Г - 6000 мм

7) В исключительных случаях высота подвешивания контактного провода при переменном токе допускается

А - 5550 мм

Б - 5675 мм

В - 5750 мм

Г - 6000 мм

8) В исключительных случаях высота подвешивания контактного провода при постоянном токе допускается

А - 5550 мм

Б - 5675 мм

В - 5750 мм

Г - 6000 мм

9) Высота подвешивания контактного провода не должна превышать

А - 5550 мм

Б - 5750 мм

В - 6000 мм

Г - 6800 мм

10) Расстояние между ограничительной накладкой воздушной стрелки и контактным проводом должно составлять

А - 11÷13 мм

Б - 13÷15 мм

В - 11÷15 мм

Г - 15÷17 мм

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	Б	Б	Б	Б	В	Г	Б	А	Г	Б

Тест №3

1) Допустимое расстояние от работника до элементов, находящихся под напряжением

А - не менее 0, 4 м

Б - не менее 0, 5 м

В - не менее 0, 8 м

Г - не менее 2 м

2) Допустимое расстояние до электроопасных элементов при выполнении работ вдали от частей, находящихся под напряжением

А - не менее 0, 4 м

Б - не менее 0, 5 м

В - не менее 0, 8 м

Г - не менее 2 м

3) При выполнении работ под напряжением изолирующие вышки

А - основное средство защиты

Б - дополнительное средство защиты

В - основная мера

Г - специальная мера

4) Устройства, обеспечивающие натяжение контактных проводов

А - вытягивающие

Б - натягивающие

В - подтягивающие

Г - компенсирующие

5) Проверку отсутствия напряжения на контактной сети производят

А - заземляющей штангой

Б - измерительной штангой

В - изолирующей штангой

Г - указателем напряжения

6) Квалификационная группа для исполнителя работ вблизи частей, находящихся под напряжением

А - II

Б - III

В - IV

Г - V

7) Квалификационная группа для производителя работ вблизи частей, находящихся под напряжением

А - II

Б - III

В - IV

Г - V

8) Изоляторы, подвергающиеся перед установкой электрическим испытаниям

А - стеклянные

Б - полимерные

В - фарфоровые тарельчатые

Г - стержневые фарфоровые

9) Длина ограничительной накладки воздушной стрелки зависит от

А - марки крестовины

Б - величины зигзага

В - устройства стрелочного перевода

Г - скоростного режима данного участка

10) Не допускаются к монтажу фарфоровые изоляторы, имеющие сколы общей площадью

А - более 2 см<sup>2</sup>

Б - более 3 см<sup>2</sup>

В - более 4 см<sup>2</sup>

Г - более 5 см<sup>2</sup>

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	В	Г	А	Г	А	В	Г	В	А	Б

Тест №4

- 1) Задание на производство работы, определяющее её содержание, место, время, меры безопасности и лиц, которым поручено ее выполнение
  - А - наряд
  - Б - приказ
  - В - уведомление
  - Г - распоряжение
- 2) Двойные контактные провода в точках фиксации должны располагаться друг от друга на расстоянии
  - А - 20 мм
  - Б - 30 мм
  - В - 40 мм
  - Г - 50 мм
- 3) Устройство, электрически отделяющее контактную сеть перегонов от контактной сети отдельных пунктов
  - А - разъединитель
  - Б - ограничитель
  - В - изолирующее сопряжение
  - Г - не изолирующее сопряжение
- 4) Наибольшая длина пролета контактной подвески не должна превышать
  - А - 50 м
  - Б - 60 м
  - В - 70 м
  - Г - 80 м
- 5) Длина ограничительной накладке воздушной стрелки
  - А -  $1,5 \div 1,7$  м
  - Б -  $1,7 \div 1,8$  м
  - В -  $1,8 \div 2$  м
  - Г -  $1,5 \div 2$  м
- 6) Изоляторы, обычно соединяемые в гирлянды
  - А - натяжные
  - Б - подвесные
  - В - фиксаторные
  - Г - консольные
- 7) Квалификационная группа для исполнителя работ вдали от частей, находящихся под напряжением
  - А - II
  - Б - III
  - В - IV
  - Г - V
- 8) Квалификационная группа для производителя работ вдали от частей, находящихся под напряжением
  - А - II
  - Б - III
  - В - IV

Г - V

9) При выполнении работ под напряжением заवेशивание шунтирующих штанг

А - основное средство защиты

Б - дополнительное средство защиты

В - основная мера

Г - специальная мера

10) Расстояние между низом грузов компенсатора и поверхностью земли должно быть не менее

А - 100 мм

Б - 200 мм

В - 300 мм

Г - 400 мм

Эталоны ответов:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	А	В	В	В	Г	Б	А	Б	Г	Б

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### 1. Описание

Самостоятельная работа по данному разделу/теме включает работу по самостоятельному изучению обучающимися ряда вопросов, выполнения домашних заданий, подготовку к лабораторно-практическим занятиям.

На самостоятельное изучение представленных ниже заданий отводится 90 минут.

Для формирования результатов обучения необходимо следующее оборудование: нормативно-справочная литература, доступ к сети интернет и т.д.

### 2. Критерии оценки самостоятельной работы

«5» «отлично» - в самостоятельной работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

«4» «хорошо» - в самостоятельной работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в



формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«3» «удовлетворительно»** - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

**«2» «неудовлетворительно»** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, возможны существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

### **3. Примерные вопросы для самостоятельного изучения**

Проработка материала и подготовка докладов и конспектов по темам разделов Устройство контактной сети, Техническое обслуживание контактной сети, Электрические схемы электрических сетей, Обслуживание воздушных и кабельных линий электроснабжения, Разработка и оформление технологической и отчетной документации электрических сетей.

### **4. Примерные задания для самостоятельной работы**

1. Чтение основной и дополнительной литературы. Самостоятельное изучение материала.
2. Работа с библиотечным каталогом, самостоятельный подбор необходимой литературы.
3. Работа со справочниками.
4. Поиск необходимой информации в сети Интернет.
5. Конспектирование источников.
6. Работа по трансформации учебного материала, перевод его из одной формы в другую.
7. Ведение дневника (дневник практики и т.д.)
8. Просмотр видеоматериала.
9. Выполнение аудио - и видеозаписей по заданной теме.
10. Подготовка к различным формам промежуточной и итоговой аттестации (к тестированию, контрольной работе, зачету, экзамену).
11. Выполнение домашних работ.
12. Самостоятельное выполнение практических заданий репродуктивного типа (ответы на вопросы, тесты).
13. Выполнение творческих заданий.
14. Подготовка устного сообщения для выступления на занятии.
15. Написание реферата. Подготовка к защите (представлению) реферата на занятии.
16. Подготовка доклада.
17. Выполнение комплексного задания или учебного проекта по учебной дисциплине.
18. Подготовка к выступлению на конференции.
19. Выполнение расчетов.

20. Изучение инструкционной и технологической карты.

### **5. Примерные формы отчетности результатов самостоятельной работы**

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Организация самопроверки, взаимопроверки выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Проведение письменного опроса.
5. Проведение устного опроса.
6. Организация и проведение индивидуального собеседования.
7. Организация и проведение собеседования с группой.
8. Защита отчетов о проделанной работе.
9. Проведение олимпиад.
10. Участие в конференциях.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ**

### **1. Описание**

В ходе практического занятия обучающиеся приобретают умения, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины, учатся использовать формулы, применять различные методики расчета, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания.

Содержание, этапы проведения практического занятия представлены в обязательном приложении **Методические указания по проведению практических занятий по междисциплинарному курсу МДК 02.02 Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения.**

При оценивании практического занятия учитываются следующие критерии:

- качество выполнения работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **2. Примерные задания**

#### **Практическое занятие № 1**

Тема: Сравнение и анализ параметров различных контактных подвесок

Цель: произвести анализ параметров контактных подвесок КС-140, КС-160 и КС-200

#### **Краткие теоретические сведения**

Контактные подвески КС-140, КС-160, КС-200 применяются на главных путях перегонов и станций, этими подвесками обеспечиваются скорости движения поездов: КС-160 от 141-160 км/ч, КС-200 от 161-200 км/ч, КС-140 (полукомпенсированная) на станциях от 121-140, на перегонах от 71-140 км/ч.

Контактные подвески, обеспечивающие движение с высокими скоростями должны быть равноэластичными и равномассовыми по всей длине пролета. Такие качества контактных подвесок приобретаются при оптимальных геометрических параметрах. Чтобы выяснить, какие геометрические параметры наилучшие, обращают внимание на коэффициент неравномерности эластичности, только при оптимальных параметрах он будет наименьшим. Коэффициент неравномерности эластичности - это отношение эластичности в середине пролета к эластичности в опорном узле:

$$k = \frac{\Delta_{сп}}{\Delta_{оп}}$$

Сравним параметры данных подвесок. Для наглядности сравнения, составляем таблицу геометрических параметров данных контактных подвесок:

Таблица 1

Геометрические параметры контактных подвесок

Марка контактной подвески	h	e	l	L	Количество подрессорных струн	К неравномерности эластичности контактного провода	La	K
ед.изм.	м	м	м	м	шт.		м	кН
КС-140	2	10	12-14	70	2	1,35	1600	10
КС-160	1,8	10	14-16	65-70	2	1,35	1600	12
КС-200	1,8	12,5	20	65	4	1,35	1400	12

**Исходные данные:** геометрические параметры контактных подвесок КС-140, КС-160, КС-200

#### Порядок выполнения занятия:

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Изучить параметры каждой контактной подвески.
3. Составить и начертить таблицу параметров КС-140, КС-160, КС-200 в отчете.
4. Сравнить величины геометрических параметров контактных подвесок и объяснить: изменение каких параметров позволяет увеличивать скорости движения поездов.
5. Написать вывод.

## **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Оформленная таблица 1.
3. Сравнительный анализ и выводы по каждому геометрическому параметру и другим характеристикам, представленным в Таблице 1.

Вывод: произвели анализ параметров контактных подвесок КС-140, КС-160 и КС-200

## **Практическое занятие № 2**

Тема: Изучение конструкции некомпенсированных, полукompенсированных и компенсированных контактных подвесок

Цель: Изучить конструкцию контактных подвесок с различными способами регулировки натяжения проводов и сравнение типа подвесок между собой

## **Исходные данные:**

Схема компенсирующего устройства трехблочного компенсатора анкерной опоры.

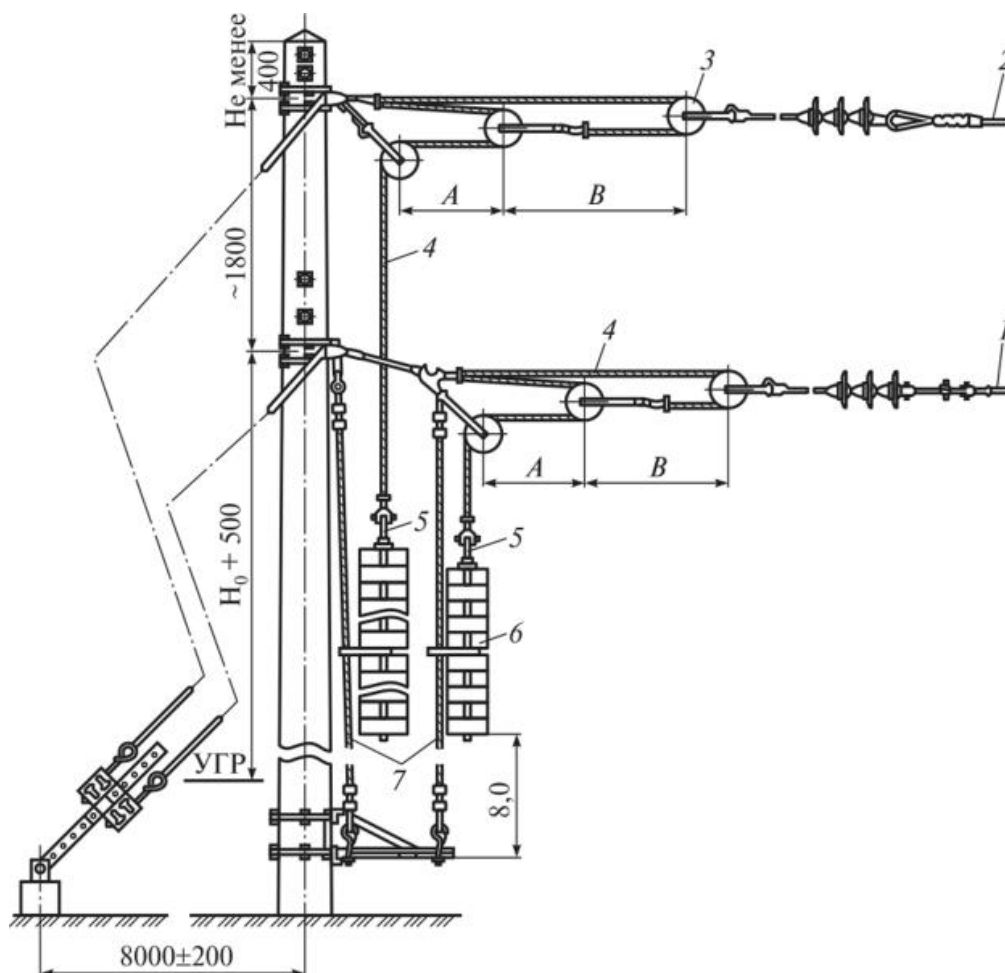


Рисунок 1. Трехблочные компенсаторы.

1 – контактный провод; 2 – несущий трос; 3 – блок компенсатора; 4 – трос компенсатора; 5 – штанга для грузов; 6 – грузы; 7 – трос ограничителя раскачивания грузов; А и В – расстояния между роликами.

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Начертить эскиз компенсирующего устройства (см. рисунок 1), определить и запомнить, из каких деталей и проводов состоит трехблочный грузокомпенсатор.
3. Составить таблицу контактных подвесок с различными способами натяжения проводов и охарактеризовать их.

Сравнение контактных подвесок с различным способом натяжения проводов

Типы подвесок	Схемы различных типов подвесок	Сравнительные характеристики
Некомпенсированная		
Полукомпенсированная		
Компенсированная		

4. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Назначение трехблочного грузокомпенсатора.
3. Устройство трехблочного грузокомпенсатора с указанием основных элементов.
4. Заполненная Таблица 1.
5. Вывод по изученному материалу.

Вывод: изучили конструкцию контактных подвесок с различными способами регулировки натяжения проводов и сравнение типа подвесок между собой.

### Практическое занятие № 3

Тема: Изучение конструкции контактной подвески КС-200

Цель: Изучить конструктивное исполнение контактной подвески КС-200

### Краткие теоретические сведения

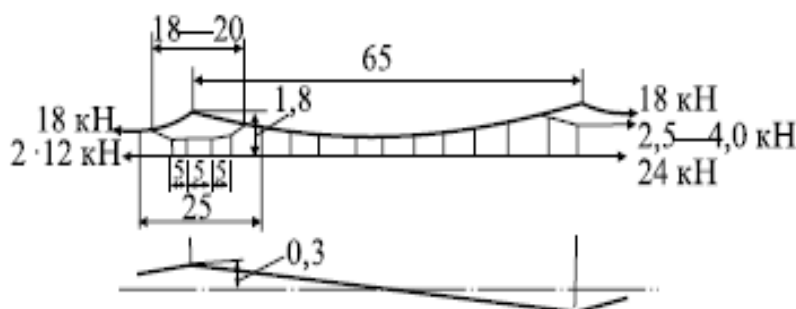


Рисунок 1. Основные параметры контактной подвески КС-200.

По конструкции, в отличие от других контактных подвесок, КС-200 имеет следующие конструктивные особенности:

1. Рессорный трос и подрессорные струны. Для повышения эластичности в опорном узле рессорный трос подвешивается к несущему тросу на расстоянии 9-10 м от оси опоры и имеет длину 18-20 м. Рессорный трос выполнен из меди марки М-35 и имеет натяжение  $T=3,5$  кН. С помощью четырех подрессорных струн в опорном узле подвешивается контактный провод, такое крепление контактного провода направлено на повышение эластичности в опорном узле. Подрессорные струны крепятся к тросу рессорной струны на расстоянии 5 метров друг от друга.

2. За пределами рессорного троса для подвешивания контактного провода к несущему тросу используется мерные струны, выполненные из медного троса МГ-16 диаметром 5,67 мм. Мерные струны токопроводящие. Расположение струн в пролетах выполняется строго в соответствии с проектом, каждая струна имеет просчитанные координаты установки для каждого пролета и имеет адресную маркировку.

3. В узлах компенсации, для регулирования натяжения проводов применяется блочно-полиспастный компенсатор, с помощью которого достигается необходимое натяжение несущего троса  $T=18$  кН, контактного провода  $K=12$  кН, этим достигается первое требование к КС-200 равномерность и постоянное натяжение контактного провода и несущего троса.

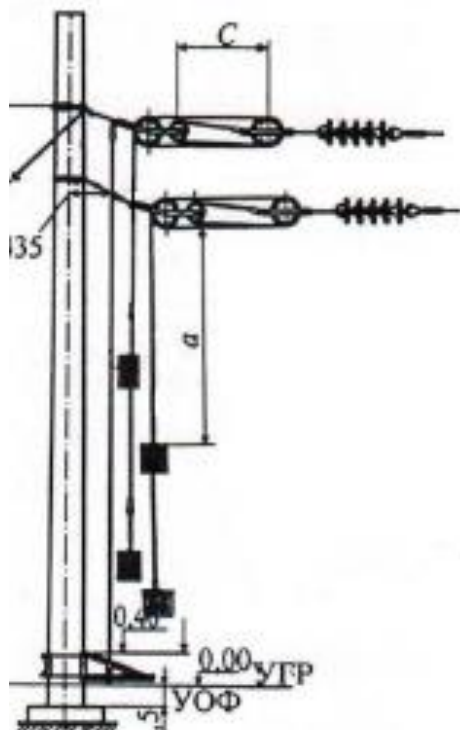


Рисунок 2. Схема узла компенсации.

4. Контактный провод в опорных узлах имеет зигзаг +300мм и -300мм на прямых участках пути, это необходимо для повышения ветроустойчивости и равномерного износа накладок токоприемников.

5. Другие параметры контактной подвески КС-200: конструктивная высота 1,8 м; длина пролета 65м, расстояние  $E=12,5$ м (это расстояние от оси опоры до первой простой струны), длина анкерного участка 1400м, коэффициент неравномерности эластичности 1,2.

### **Исходные данные**

Схема цепной одинарной рессорной компенсированной подвески КС-200

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить особенности конструктивного исполнения КС-200.
2. Начертить контактную подвеску в отчете с указанием геометрических параметров КС-200 и величин натяжения проводов.
3. Указать марки и сечения проводов КС-200
4. Изучить и записать отличия от контактных подвесок, обеспечивающих скорости до 200 км/ч.
5. Написать вывод.

Вывод: изучили конструктивное исполнение контактной подвески КС-200.

### **Практическое занятие № 4**

Тема: Изучение соединения различных проводов

Цель: Изучить соединения проводов сплошного сечения и многопроволочных проводов

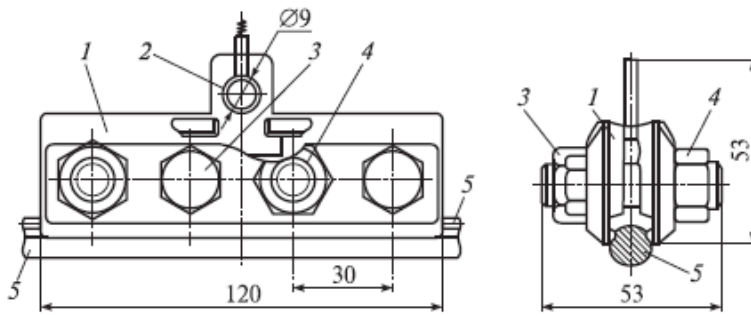
Оборудование и приборы:

- натурные образцы контактных проводов, несущих тросов, усиливающих тросов, электросоединителей;
- натурные образцы деталей: стыковых зажимов КС-059, КС-321, вилочные коуши, клиновые зажимы, овальные соединители, соединения проводов, выполненные обжатием.

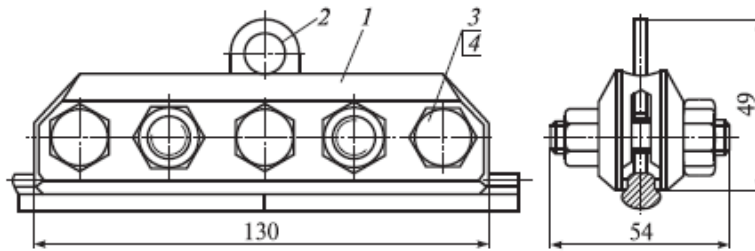
### **Порядок выполнения занятия:**

1. Стыковка рабочих контактных проводов стыковыми зажимами



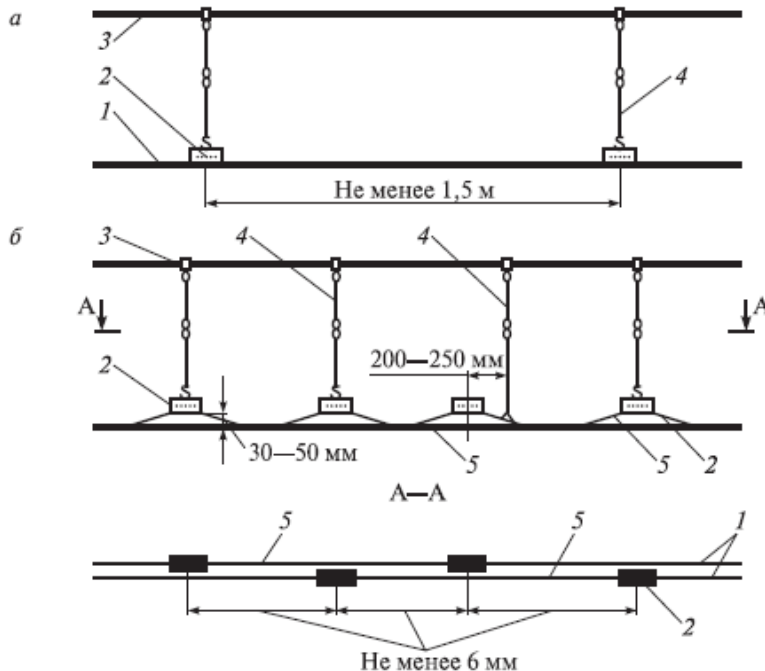


Зажим стыковой 059-6 (КС-321-1) для контактных проводов сечением 85–120 мм<sup>2</sup>: 1 — плашка; 2 — вкладыш; 3 — болт М12 × 40; 4 — гайка; 5 — стыкуемые контактные провода



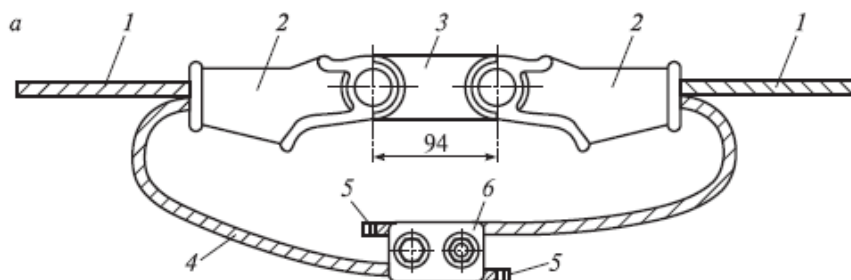
Зажим 059-10 (КС-321-2) для стыкования контактных проводов сечением 100–120 мм<sup>2</sup>: 1 — плашка; 2 — серьга (вкладыш); 3 — болт М12 × 40; 4 — гайка М12

Перед установкой стыкового зажима контактные поверхности зажима и стыкуемых проводов должны быть зачищены. Стыковые зажимы подвешиваются на струнах к несущему тросу по следующим схемам:



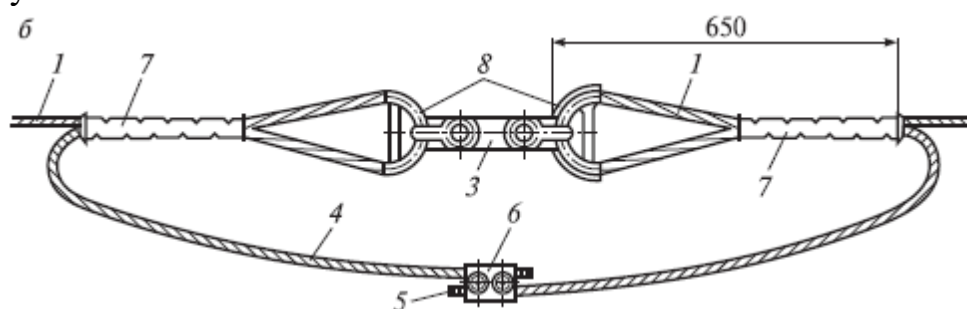
Вставки в одиночные (а) и двойные (б) контактные провода: 1 — контактный провод; 2 — стыковой зажим; 3 — струновой зажим; 4 — звеньевая струна; 5 — контактный провод (вставки)

2. Соединение нерабочих ветвей контактных проводов и при использовании клиновых зажимов и вилочных коушей:



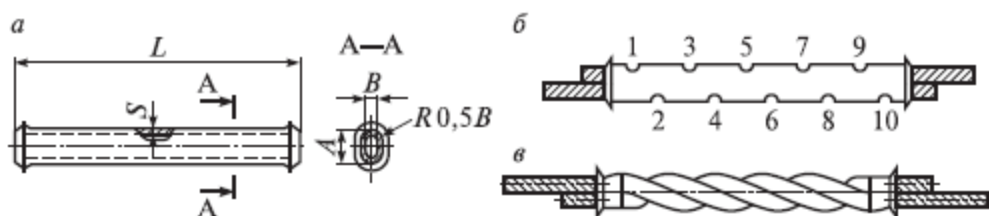
1 – трос (контактный провод); 2 – клиновой зажим; 3 – соединительная планка; 4 – шунт; 5 – бандаж; 6 – соединительный зажим; 7 – овалный соединитель; 8 – вилочный коуш.

3. Соединение многопроволочных проводов с учетом назначения и марки проводов выполняют овальными соединителями (методом обжатия и скручивания), болтовыми зажимами, с помощью вилочных коушей или клиновых зажимов и соединительных планок, цанговыми, клиноболтовыми зажимами, прессируемыми соединителями, аргонно-дуговой сваркой, термитной сваркой. Соединение с помощью вилочных коушей и болтовых зажимов:



1 – трос (контактный провод); 2 – клиновой зажим; 3 – соединительная планка; 4 – шунт; 5 – бандаж; 6 – соединительный зажим; 7 – овалный соединитель; 8 – вилочный коуш

4. Наиболее распространенным способом для многопроволочных медных, сталемедных проводов является соединение с помощью овалных соединителей:



Овальный соединитель (а) и соединения проводов, выполненные обжатием (б) и скруткой (в) соединителя;

L – длина овального соединителя; S – толщина стенки овального соединителя; В – расстояние между стенками внутри овального соединителя; 1 – 10 – последовательность обжатия овального соединителя при соединении проводов.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Эскиз стыкового зажима и его назначение.
3. Схема установки стыковых зажимов при монтаже вставок в контактный провод.
4. Эскиз соединения проводов с помощью клиновых зажимов.
5. Эскиз соединения проводов с помощью вилочных коушей.
6. Эскиз соединения проводов с помощью овальных соединителей.
7. Вывод.

Вывод: изучили соединения проводов сплошного сечения и многопроволочных проводов

### Практическое занятие № 5

Тема: Расчет уровня изоляции контактной сети постоянного и переменного тока

Цель: Произвести расчет уровня изоляции контактной сети постоянного и переменного тока

#### Краткие теоретические сведения

Уровень изоляции определяют из расчетных кратностей внутренних перенапряжений. Основной характеристикой изоляции является выдерживаемое напряжение под дождем (мокроразрядное), значение которого определяется по формуле, кВ:

$$U_{\text{мр}} = K_{\text{в.н}} \times U_{\text{макс. доп.}} / 0,9 \beta,$$

где  $K_{\text{в.н.}}$  - расчетная кратность внутренних перенапряжений;  
 $U_{\text{макс. доп.}}$  - максимальное рабочее напряжение в контактной сети;  
 $\beta$  - поправочный коэффициент (учитывающий условия эксплуатации изоляторов);  
 $k$  - коэффициент, учитывающий разницу между рабочим напряжением в эксплуатации и разрядным напряжением, полученным при испытаниях.

Анкерная изоляция на постоянном и переменном токе должна выдерживать перенапряжения на 25 – 30 % выше уровня изоляции в других узлах контактной сети.

Пробивное напряжение роговых разрядников на участках постоянного тока принимают 32-34 кВ, т.е. на 15 -20 % ниже разрядного напряжения защищаемой изоляции. С учетом этого изоляция контактной сети постоянного тока должна выдерживать напряжение под дождем не менее 40 кВ ( $34 \times 1,2$ ).

Выдерживаемое напряжение в гирлянде тарельчатых изоляторов рассчитывается по формуле, кВ:

$$U_{\text{мг}} = E_{\text{м}} \times n \times h,$$

где  $E_{\text{м}}$  - среднее значение мокроразрядного градиента кВ/мм, для фарфоровых изоляторов - 0,21 кВ/мм, для стеклянных - 0,26 кВ/мм;

$n$  - количество изоляторов в гирлянде;

$h$  - конструктивная высота изоляторов.

### Исходные данные

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные:

Род тока	$U_{\text{макс. доп.}}$	$K_{\text{в.н.}}$	$\beta$	$k$	$U_{\text{п.р.р}}$
- I	4	3	0,94	0,9	32-34
~ I	29	3	0,94	0,9	-

Для расчета выдерживаемого напряжения в гирлянде изоляторов предлагаются следующие марки изоляторов: ПТФ-70, ПФ-6В, ПФ-70А, ПФ-70Ж, ПС-6А, ПС-70Д, ПС-70Е. Конструктивная высота изоляторов: 183мм - ПТФ-70; 140мм - ПФ-6; 146мм - ПФ-70А, ПФ-70Ж; 130мм - ПС-6А; 146мм - ПС-70Д, ПС-70Е.

Гирлянда изоляторов состоит из 1, 2, 3- изоляторов.

### Порядок выполнения занятия:

1. Произвести расчет выдерживаемого напряжения под дождем для устройств контактной сети постоянного и переменного тока.

2. Произвести расчет анкерной изоляции для постоянного и переменного тока

3. Определить изоляцию рогового разрядника

4. Произвести расчет уровня изоляции в гирлянде тарельчатых изоляторов.

5. Сделать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Расчет уровня изоляции на контактной сети и анкерной изоляции.
3. Расчет изоляции для гирлянды изоляторов.
4. Вывод по результатам расчета.

Вывод: произвели расчет уровня изоляции контактной сети постоянного и переменного тока.

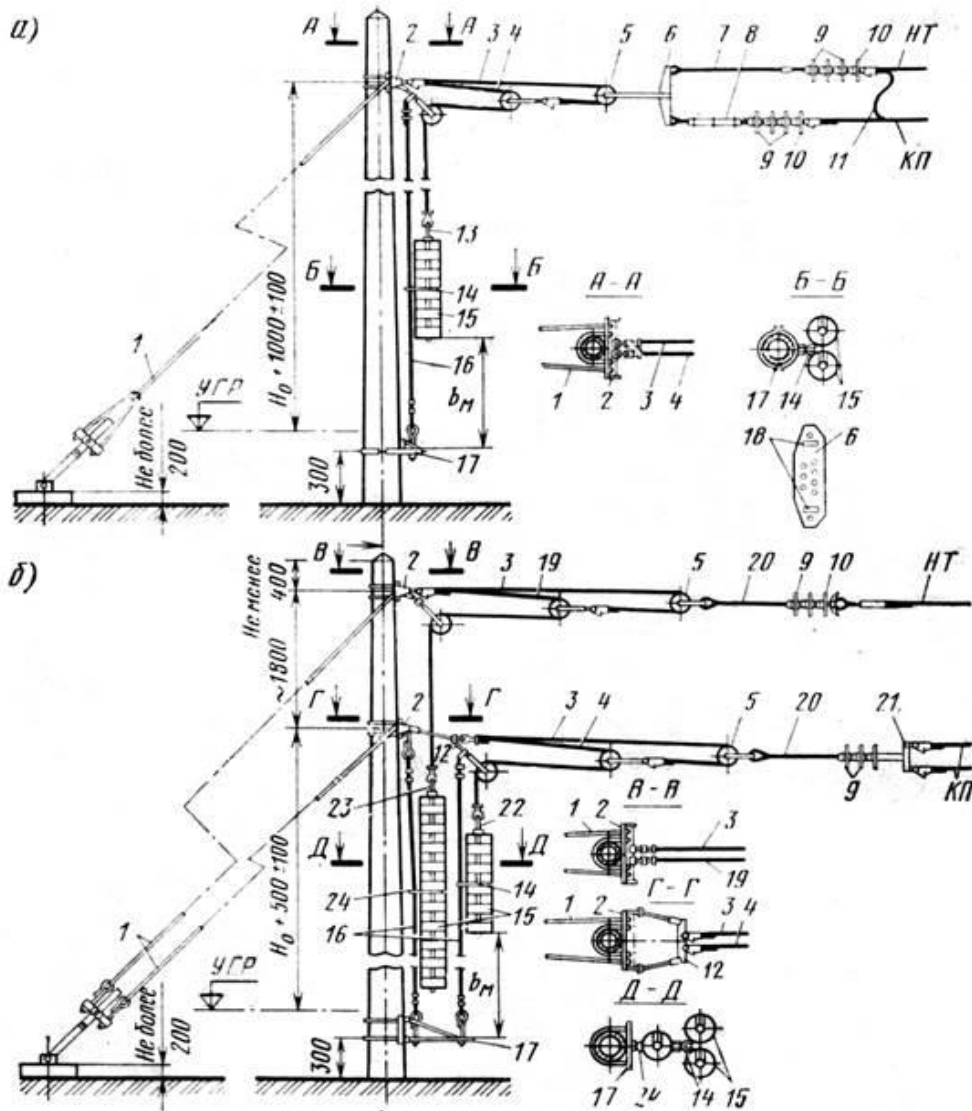
### **Практическое занятие № 6**

Тема: Подбор материалов и деталей для узлов контактной сети

Цель: Научиться выбирать детали для заданной контактной подвески

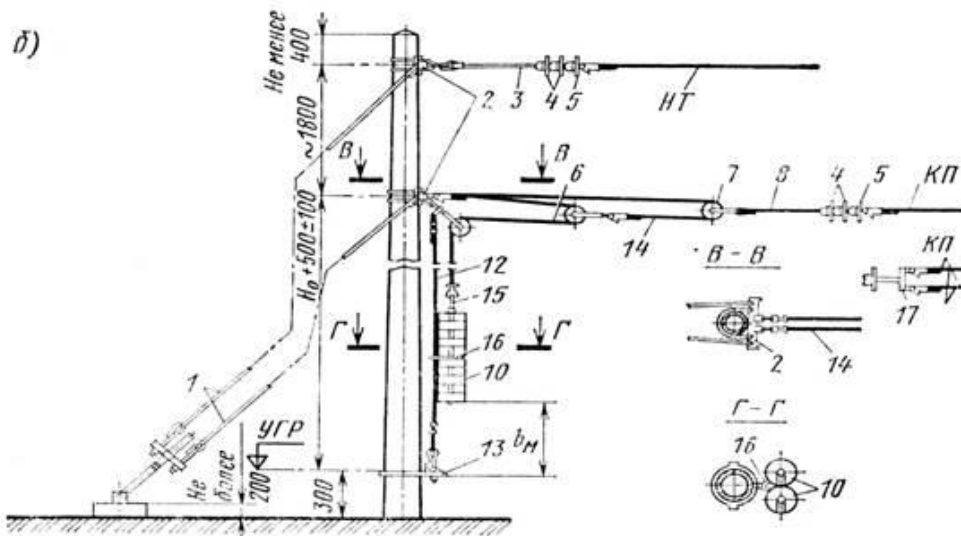
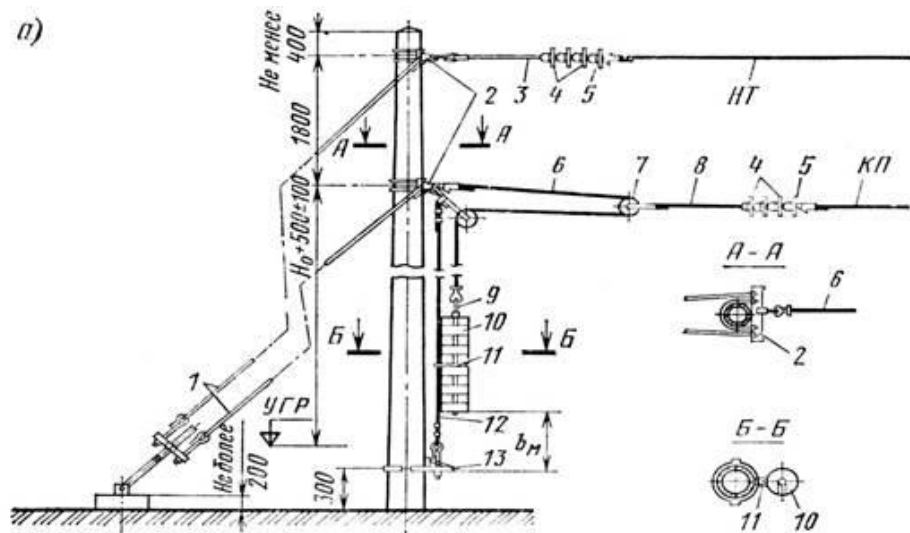
#### **Порядок выполнения занятия:**

1. Анкеровка компенсированной цепной контактной подвески переменного (а) и постоянного (б) тока:



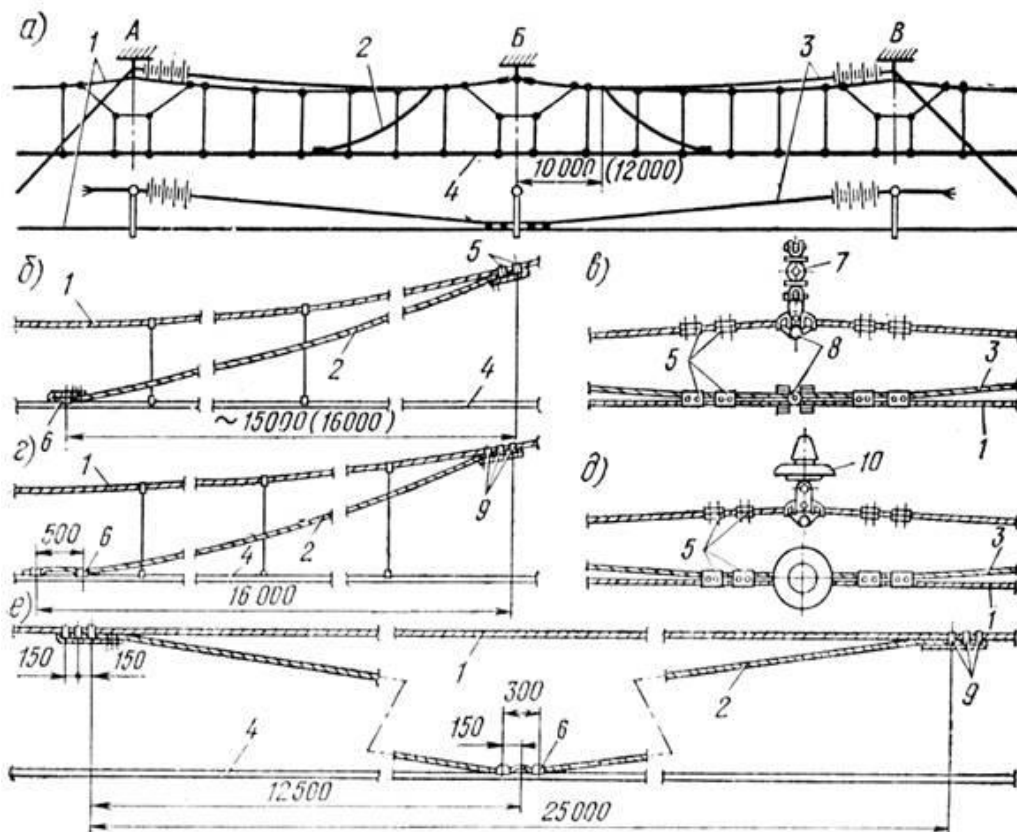
1- оттяжка анкерная; 2- кронштейн анкерный; 3, 4, 19 – трос компенсатора стальной диаметром 11 мм длиной, соответственно, 10, 11, 13 м; 5- блок компенсатора; 6- коромысло; 7- штанга «ушко-двойное ушко» длиной 150 мм; 8- пластина регулировочная; 9- изолятор с пестиком; 10- изолятор с серьгой; 11- электрический соединитель; 12- коромысло с двумя штангами; 13, 22- хомут, соответственно, для 25-30 грузов; 15- груз железобетонный; 16- трос ограничителя грузов; 17- кронштейн ограничителя грузов; 18- монтажные отверстия; 20- штанга «пестик-ушко» длиной 1000 мм; 21- коромысло для крепления двух контактных проводов; 23- штанга для 15 грузов; 24- ограничитель для одинарной гирлянды грузов.

2. Анкеровка полукомпенсированной цепной подвески переменного тока с двухблочным компенсатором (а) и постоянного тока с трёхблочным компенсатором (б):



1- оттяжка анкерная; 2- кронштейн анкерный; 3- штанга «пестик- двойное ушко» длиной 1000 мм; 4- изолятор с пестиком; 5- изолятор с серьгой; 6- трос компенсатора стальной диаметром 11 мм; 7- блок компенсатора; 8- штанга «пестик - ушко» длиной 1000 мм; 9- штанга для грузов; 10- груз железобетонный; 11- ограничитель для одинарной гирлянды грузов; 12- трос ограничителя грузов; 13- кронштейн ограничителя грузов; 14- трос компенсатора стальной диаметром 10 мм, длиной 10 м; 15- хомут для грузов; 16- ограничитель для сдвоенной гирлянды грузов; 17- коромысло для анкеровки двух проводов.

3. Средняя анкеровка компенсированной (а-д) и полукompенсированной (е) цепных контактных подвесок; для одинарного контактного провода (б), двойного контактного провода (г); на изолированной консоли (в) и на неизолированной консоли (д):



а)- общий вид; 1- основной несущий трос; 2- трос средней анкеровки контактного провода; 3- дополнительный трос; 4- контактный провод; 5- зажим соединительный; 6- зажим средней анкеровки; 7- консоль изолированная; 8- седло двойное; 9- зажим средней анкеровки для крепления на несущем тросе; 10- изолятор.

### Исходные данные

Тип и узел цепной контактной подвески (приведены в таблицах 1, 2 и задаются преподавателем).



### Исходные данные типов контактных подвесок

Номер варианта	Несущий трос	Контактный провод	Система тока	Тип подвески
	Боковой путь			
	ПБСМ-70	МФ-85	Постоянный переменный	КС-70
	Главные пути			
1	М-120	БРФ-100	Постоянный	КС-140
2	М-95	МФ-100	Постоянный	КС-160
3	М-95	2 МФ-100	Постоянный	КС-120
4	М-120	2 МФ-100	Постоянный	КС-140
5	М-120	2 МФ-100	Постоянный	КС-160
6	ПБСМ-95	НлФ-100	Переменный	КС-120
7	М-95	БРФ-100	Переменный	КС-160
8	ПБСМ-95	БРФ-100	Переменный	КС-140
9	ПБСМ-95	МФ-100	Переменный	КС-140
10	М-95	МФ-100	Переменный	КС-160

Таблица 2

### Исходные данные узлов цепных контактных подвесок:

Номер варианта	Узел цепной контактной подвески
1	Анкеровка цепной компенсированной контактной подвески на перегоне
2	Анкеровка цепной полукompенсированной контактной подвески на боковых путях станции
3	Средняя анкерovка цепной контактной подвески на перегоне
4	Средняя анкерovка цепной контактной подвески на боковых путях станции
5	Крепление несущего троса на неизолированной консоли и на жесткой поперечине.

### Порядок выполнения занятия:

1. Выбрать опорный узел для заданной контактной подвески и зарисовать его.
2. Подобрать материал и сечение проводов для простых и рессорных струн опорного узла.

3. Выбрать детали для заданного узла контактной подвески, наименования и характеристики которых необходимо занести в таблицу.

4. Найти деталь для стыкования контактных проводов и несущих тросов, которые также занести в таблицу деталей для узлов контактной сети.

Таблица 3

Детали для узлов контактной сети

Узел подвески детали для узла	Наименование детали	Номер детали	Материал детали	Примечание

5. Описать назначение и место установки продольных и поперечных электросоединителей.

6. Оформить отчет.

7. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Выбор опорного узла, выполненный эскиз или чертеж.
3. Подбор материала и сечения проводов.
4. Заполненная таблица деталей узлов контактной сети.
5. Вывод.

Вывод: научились выбирать детали для заданной контактной подвески

### Практическое занятие № 7

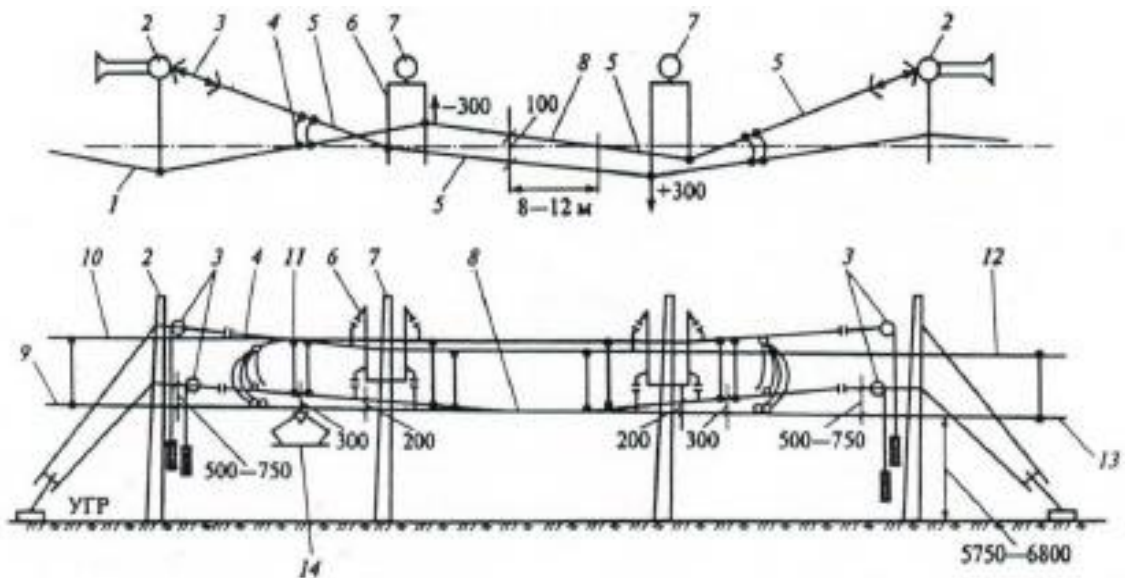
Тема: Изучение конструкции сопряжений анкерных участков

Цель: Научиться чертить схемы сопряжений анкерных участков

#### Исходные данные

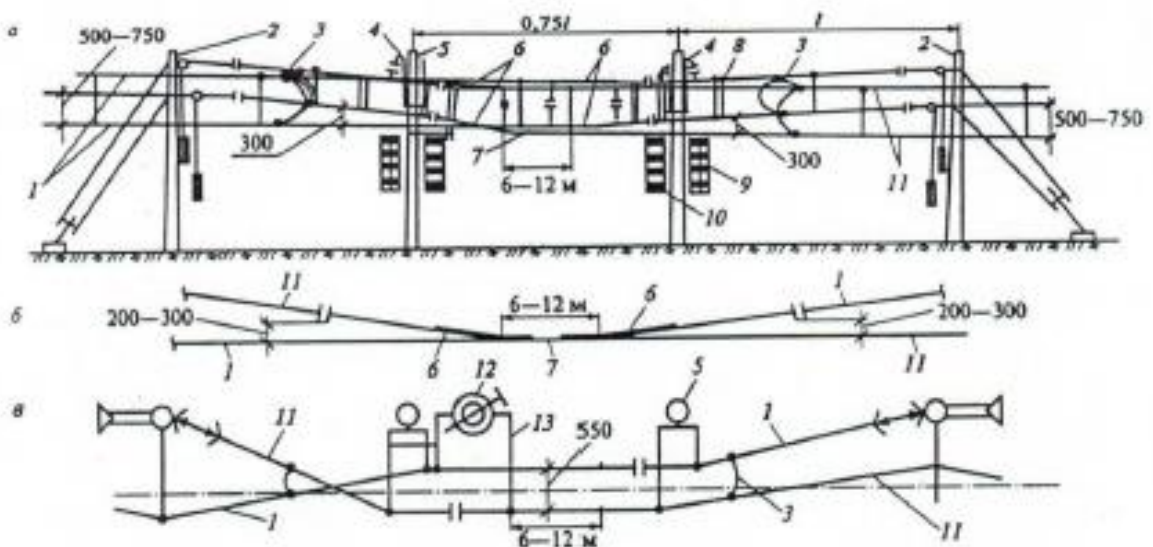
Схемы трехпролетных - неизолирующего и изолирующего сопряжений.

Неизолирующее сопряжение анкерных участков:



1 – контактная подвеска; 2 – анкерная опора; 3 – компенсирующие устройства; 4 – продольное электрическое соединение; 5 – отходящая ветвь (нерабочий контактный провод); 6 – консоль; 7 – переходная опора; 8 – участок взаимодействия полоза токоприемника с контактными проводами обеих ветвей; 9 – контактный провод анкерного участка; 10 – несущий трос анкерного участка; 11 – двойные звеньевые струны в начале зоны прохода токоприемника; 12 – несущий трос сопрягаемого анкерного участка; 13 – контактный провод сопрягаемого анкерного участка; 14 – токоприемник ЭПС.

Изолирующее трехпролетное сопряжение анкерных участков (открытый воздушный промежуток): а – общий вид; б – контактные провода в переходном пролете; в – схема сопряжения;



1 – компенсированная контактная подвеска; 2 – анкерная опора; 3 – электрический соединитель; 4 – консоль; 5 – переходная опора; 6 – устройство защиты от пережога контактных проводов; 7 – участок одновременного воздействия полоза токоприемника с контактными

проводами обеих ветвей сопряжения; 8 – двойные звеньевые струны в зоне прохода полоза токоприемника под нерабочей ветвью контактного провода; 9 – отличительный знак в начале переходного пролета по направлению движения поезда; 10 – отличительный знак в конце переходного пролета по направлению движения поезда; 11 – компенсированная контактная подвеска сопрягаемого анкерного участка; 12 – секционный разъединитель в отключенном положении; 13 – шлейф секционного разъединителя; l – длина пролета.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить схемы неизолирующего и изолирующего сопряжений, используя лабораторные макеты.
2. Начертить схемы неизолирующего и изолирующего сопряжений (вид сбоку, по расположению проводов в плане, в разрезе А-А контактную подвеску, с обозначением в цвете контактных и несущих проводов)
3. Сделать вывод.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Эскизы (рисунки) неизолирующего сопряжения: вид с боку, расположение проводов в плане, расположение проводов на переходных опорах относительно оси пути (провода контактных подвесок вычерчиваются в цвете).
3. Назначение неизолирующего сопряжения.
4. Эскизы (рисунки) изолирующего сопряжения: вид с боку, расположение проводов в плане, расположение проводов на переходных опорах относительно оси пути (провода контактных подвесок вычерчиваются в цвете).
5. Назначения изолирующего сопряжения.
6. Вывод.

Вывод: научились чертить схемы сопряжений анкерных участков

### **Практическое занятие № 8**

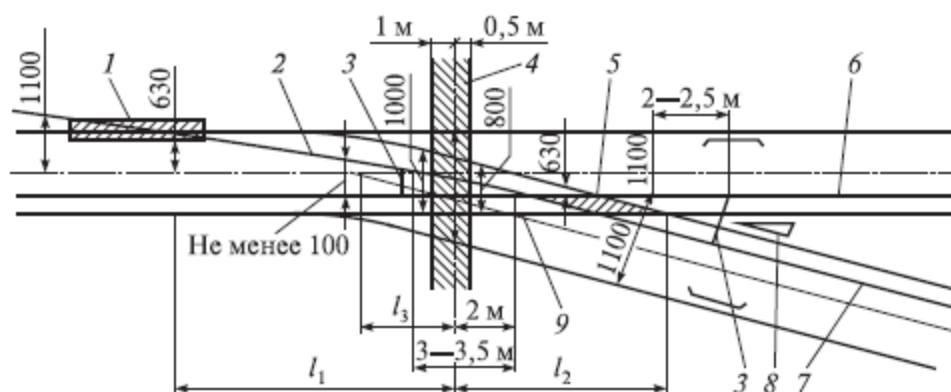
Тема: Изучение конструкции воздушной стрелки

Цель: Изучить конструкцию воздушных стрелок при обыкновенном стрелочном переводе

Оборудование и приборы: натурный образец воздушной стрелки в кабинете контактной сети.

### Исходные данные

Схема фиксированной воздушной стрелки при обыкновенном стрелочном переводе:



1 – зона прохода полоза токоприемника под нерабочей ветвью контактного провода; 2 – нерабочая ветвь контактного провода; 3 – электрические соединители; 4 – область расположения фиксирующего устройства; 5 – зона подхвата ползком токоприемника контактных проводов; 6 и 7 – контактный провод прямого и примыкающего путей; 8 – крестовина; 9 – место пересечения контактных проводов.

### Порядок выполнения занятия:

1. Повторить устройство воздушной стрелки, представленной в лаборатории.
2. Изучить краткие теоретические сведения.
3. Начертить эскиз воздушной стрелки с указанием размеров, определяющих зоны фиксирующих устройств, подхвата, места установки электросоединителей, скользящих или других видов струн, нерабочей ветви и др.
4. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Схему расположения проводов на воздушной стрелке с указанием всех размеров, зоны фиксирующего устройства, зоны подхвата, зоны прохода токоприемника под нерабочей ветвью, мест установки струн, электросоединителей.
3. График установки струн на воздушной стрелке.
4. Описание, как осуществляется проход токоприемника по воздушной стрелке.



3.1. Определение вертикальной нагрузки на несущий трос от веса проводов контактной подвески

$$g = g_T + n (g_K + g_C)$$

где  $g_T$  и  $g_K$  - нагрузка от веса 1м несущего троса и контактного провода;

$g_C$  - приближенное значение нагрузок от веса рессорного троса, струн, зажимов, отнесенного к одному метру подвески.

3.2. Вертикальные нагрузки в режиме гололеда:

- на несущий трос

$$g_{гТ} = 0.0009 \pi b_T (d_T + b_T)$$

где  $b_T$  и  $b_K$  - толщина стенки гололеда соответственно на несущем тросе и контактном проводе,

- на контактном проводе

$$g_{гК} = 0.0009 \pi b_K (d_{ср} + b_K)$$

$$d_{ср} = (A+H)/2$$

$$b_K = 0,5b_T$$

где  $A$  и  $H$  ширина и высота контактного провода.

- полная вертикальная нагрузка от веса гололеда на проводах контактной подвески

$$g_T = g_{гТ} + n g_{гК}$$

3.3. Горизонтальные нагрузки от воздействия ветра на -несущий трос

$$P_{гТ} = C_x \cdot \frac{v_{\max}^2}{16} \cdot \frac{d_T}{1000},$$

где  $C_x$  - аэродинамический коэффициент лобового сопротивления провода ветру, при 1 контактном проводе равен 1,25, при 2-х контактных проводах 1,55;

- на контактный провод

$$P_{гК} = C_x \cdot \frac{v_{\max}^2}{16} \cdot \frac{H}{1000},$$

где  $v_{\max}$  - нормативная скорость ветра раз в 10 лет.

Горизонтальная нагрузка от ветрового воздействия на покрытые гололедом:

- несущий трос

$$P_{гТ} = C_x \cdot \frac{v_T^2}{16} \cdot \frac{(d_T + 2b_T)}{1000},$$

-на контактный провод

$$P_{KT} = C_x \cdot \frac{v_G^2}{16} \cdot \frac{(H + 2b_K)}{1000}.$$

### 3.4. Результирующая нагрузка

- на несущий трос в режиме гололеда с ветром

$$g_{TT} = \sqrt{(g + g_G)^2 + P_{TT}^2}.$$

где  $g$  – нагрузка от собственного веса проводов контактной подвески,  
 $g_G$  – нагрузка от гололеда,

$P_{TT}$  – ветровая нагрузка на несущий трос при гололеде с ветром, - на несущий трос в режиме максимального ветра

$$g_{TV} = \sqrt{g^2 + P_{TV}^2}.$$

В полукомпенсированных подвесках суммарные результирующие нагрузки и нагрузки на несущие провода рассчитываются для определения натяжения троса при гололеде или максимальном ветре.

Ветровую нагрузку на контактный провод не учитывают, так как она воспринимается фиксаторами.

4. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Заполненная таблица исходных данных согласно своего варианта.
3. Выполненный расчет нагрузок.
4. Составленная и заполненная таблица расчетных величин.
5. Вывод.

**Вывод:** произвели расчет нагрузок на провода контактной подвески в режимах максимального ветра, гололеда, гололеда с ветром и определить результирующие нагрузки, действующие на провода контактной подвески

### Практическое занятие № 10

**Тема:** Расчет ветровых отклонений контактных проводов в кривых и на прямых участках пути

**Цель:** Научиться производить расчет ветровых отклонений контактных проводов одиночных и цепной контактной подвески в кривых и на прямых участках пути

**Исходные данные:** марка контактной подвески, ветровые районы и расчетные данные нагрузок (задаются преподавателем)



## Исходные данные

Обозначение величин	$P_k$	L	K	a	$\gamma_k$	$V_{max}$	R
Ед. измерен	даН/м	м	даН	м	м	м/с	м
Числовые значения величин							

**Порядок выполнения занятия:**

1. Заполнить таблицу исходных данных, пользуясь своими расчетными работами.

2. Рассчитать максимальное отклонение одиночных проводов  
- на прямом участке пути

$$b_{k_{max}} = \frac{p_k l^2}{8K} + \frac{2a^2 K}{p_k l^2} + \gamma_k,$$

где  $p_k$  - нагрузка на контактный провод при максимальном ветре;  
 $l$  - длина пролета;

$K$  - натяжение контактного провода

$\gamma_k$  - прогиб опоры на уровне крепления контактного провода под действием ветровой нагрузки.

- в кривой для одиночных проводов:

$$b_{k_{max}} = \frac{l^2}{8} \left( \frac{p_k}{K} + \frac{1}{R} \right) - a + \gamma_k,$$

где  $R$  - радиус кривой.

3. Рассчитать максимальное отклонение проводов цепной контактной подвески с учетом эквивалентной нагрузки

- на прямом участке пути

$$b_{k_{max}} = \frac{(p_k - p_э) l^2}{8K} + \frac{2a^2 K}{(p_k - p_э) l^2} + \gamma_k,$$

- на кривом участке пути

$$b_{k_{max}} = \frac{l^2}{8} \left( \frac{(p_k - p_э)}{K} + \frac{1}{R} \right) - a + \gamma_k$$

4. Написать вывод.

**Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.

2. Заполненная таблица исходных данных.
3. Расчет ветровых отклонений одиночных проводов на прямом и кривом участках пути.
4. Расчет ветровых отклонений контактного провода цепной контактной подвески на прямом и кривом участках пути.
5. Вывод.

Вывод: научились производить расчет ветровых отклонений контактных проводов одиночных и цепной контактной подвески в кривых и на прямых участках пути.

### Практическое занятие № 11

Тема: Определение допустимой длины пролета

Цель: Научиться производить расчет максимально-допустимых длин пролетов на прямом участке пути

#### Исходные данные

используются расчетные данные из Практической работы №9.

#### Порядок выполнения занятия:

1. Выбор расчетного режима, условий работы контактной подвески. Для определения максимально-допустимых длин находится в наиболее тяжелых условиях. Сравнивая величины нагрузок, действующих на контактный провод в режиме максимального ветра  $P_{kv}$  и гололеда с ветром  $P_{кг}$ , определяем наиболее тяжелый режим т.е. расчетный.

2. Подбор исходных данных, применительно к индивидуальному заданию.

Таблица 1

Исходные данные

Обозначение величин	K	$p_k$	$b_{кдо}$ п	$\gamma$ к	a	$p_{э}$	$T_p$	$p_T$	$h_{изоляция}$ m	$q_T$	$\gamma$ т	$g'_k$	$T_0$
Ед. измерен	даН	даН/ м	м	м	м	даН/ м	даН	даН/ м	м	даН/ м	м	даН/ м	даН
Числовые значен. величин													

Для расчета  $T_0 = 0,75T_{max}$ ,  $T_p = 0,8T_{max}$  - для медных проводов,  
 $T_0 = 0,8T_{max}$ ,  $T_p = 0,85T_{max}$  - для ПБСМ.

3. Расчет максимально-допустимой длины пролета при эквивалентной нагрузке, равной нулю.

Формула расчета максимально-допустимой длины пролета:

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_K - p_{\text{э}}} \left[ b_{\text{кдоп}} - \gamma_K + \sqrt{(b_{\text{кдоп}} - \gamma_K)^2 - a^2} \right]},$$

где  $K$  - натяжение контактного провода, даН;

$p_K$  - ветровая нагрузка, даН/м;

$p_{\text{э}}$  - эквивалентная ветровая нагрузка, передающаяся от контактного провода на несущий трос в цепной подвеске, даН/м;

$b_{\text{кдоп}}$  - наибольшее допустимое отклонение контактного провода от оси токоприемника, на прямом участке пути 0,5 м, на кривом - 0,45м;

$\gamma_K, \gamma_T$  - величины отклонения опоры при ветровых нагрузках, м

$a$  - зигзаг контактного провода, м.

4. Расчет эквивалентной нагрузки и максимально-допустимой длины пролета со значением полученной эквивалентной нагрузки -  $l_{\max}$ .

Поскольку для определения максимально допустимых длин пролетов необходимо знать  $p_{\text{э}}$ , эквивалентную ветровую нагрузку, а для расчет  $p_{\text{э}}$  необходимо знать величину длины пролета, приходится использовать метод последовательных приближений.

В первом расчете допускаем, что величина  $p_{\text{э}} = 0$  и производим расчет длины пролета по формуле:

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_K - p_{\text{э}}} \left[ b_{\text{кдоп}} - \gamma_K + \sqrt{(b_{\text{кдоп}} - \gamma_K)^2 - a^2} \right]}.$$

Получив первое значение  $l_{\max}$ , подставляем его в формулу определения эквивалентной нагрузки  $p_{\text{э}}$ :

$$p_{\text{э}} = \frac{p_K T - p_T K - \frac{8KT}{l^2} \left( \frac{h_{\text{и}} p_T}{q_T} + \gamma_T - \gamma_K \right)}{T + K + \frac{10,6s_{\text{ср}} KT}{g_K l^2}},$$

где  $p_K, p_T$  - нагрузки при максимальном ветре на контактный провод и несущий трос;

$K, T$  - натяжение контактного провода и несущего троса, при максимальном ветре;

$h_{\text{изоляция}}$  - длина гирлянды изоляторов, для постоянного тока 0,56м, для переменного тока 0,73м;

$s_{\text{ср}}$  - средняя длина струны в средней части пролета.

Формула, по которой определяется средняя длина струны, имеет вид:

$$s_{\text{ср}} = h - 0,115 g l_{\max}^2 / T_0,$$

где  $h$  - конструктивная высота контактной подвески, м;

$g$  - нагрузка от веса проводов контактной подвески, даН/м;

$T_0$  - натяжение несущего троса контактной подвески при беспровесном положении контактного провода, даН.

$g'_K = n g_K$ , - при максимальном ветре,  $g'_K = n(g_K + g_T)$  при максимальном ветре с гололедом.

Рассчитав значение эквивалентной нагрузки  $p_{э1}$ , подставляем его в формулу определения максимально-допустимой длины пролета и получаем  $l_{max1}$ .

5. Расчет эквивалентной нагрузки со значением  $l_{max1}$  и максимально- допустимой длины пролета со значением полученной эквивалентной нагрузки -  $l_{max2}$ .

Со значением  $l_{max1}$  производим расчет эквивалентной нагрузки  $P_{э2}$ , далее подставляем в формулу определения максимально-допустимой длины пролета и получаем  $l_{max2}$ .

При расчетах использовался метод последовательных приближений, при котором уточнение длин пролетов проводится до тех пор, пока разница между двумя последовательно полученными максимально-допустимыми длинами пролетов не будет менее 5%. Тогда расчет прекращается и окончательно принимается меньшая величина длины пролета, но эта величина должна соответствовать требованиям Правил и не превышать 70 метров.

6. Сравнение полученных длин пролетов  $l_{max1}$  ,  $l_{max2}$  , в процентном соотношении.

7. Написание вывода, где указывается величина окончательного выбора максимально-допустимой длины пролета.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Расчет максимально-допустимых длин пролетов и эквивалентных нагрузок.
3. Выбор окончательной длины максимально-допустимой длины пролетов.
4. Вывод.

Вывод: научиться производить расчет максимально-допустимых длин пролетов на прямом участке пути.

### **Практическое занятие № 12**

Тема: Разработка схем питания и секционирования контактной сети постоянного тока

Цель: Научиться выполнять продольное и поперечное и секционирование контактной сети на участке контактной сети постоянного тока и обеспечить питание каждой секции контактной сети

### **Краткие теоретические сведения**

Продольное секционирование - электрическое отделение контактной сети перегона от контактной сети станции по каждому главному пути. Разделение на секции производится у тяговых подстанции и постов секционирования. Продольное секционирование осуществляется трехпролетными изолирующими сопряжениями анкерных участков. Изолирующие сопряжения располагаются, при электрификации на постоянном токе, между входным светофором и первыми путевыми стрелками станции.

Поперечное секционирование - это электрическое отделение секций контактной сети второстепенных путей от главных; отделение контактной сети одних главных путей от контактной сети других главных путей. Поперечное секционирование выполняется секционными и врезными изоляторами. Секция контактной сети включает в себя на станции не более трех второстепенных путей, а в парках - не более пяти.

Питание контактной сети станции и перегонов осуществляется от тяговых подстанции, питание двухстороннее, нечетными фидерами запитывается контактная сеть нечетных путей и, соответственно, четными фидерами запитывается контактная сеть четных путей.

Для выбора схемы питания контактной сети электрифицируемого участка необходимо учитывать местоположение тяговых подстанции количественное развитие второстепенных путей. При электрификации на постоянном токе автономная схема принимается в случае, когда количество второстепенных путей больше или равно 5, кроме главных путей станции, независимо, где располагается подстанция в горловине станции или посередине. Экономичная схема питания контактной сети принимается в том случае, когда число второстепенных путей меньше 5 и подстанция находится в одной из горловин станции.

Питающие линии к контактной сети присоединяются без разъединителей, если длина воздушной линии меньше 150 м, через линейный разъединитель с ручным приводом при длине воздушной линии от 150 м до 750 м и через линейный разъединитель с моторными приводами при длине воздушной линии больше 750 м.

### **Исходные данные**

Схема станции с развитием второстепенных путей и двумя прилегающими к ней перегонами. Схема - индивидуальное задание.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить краткие теоретические данные.
2. Подробно ознакомиться со схемой участка контактной сети, перечертить схему проектируемого участка в отчет практической работы.
3. Выполнить продольное и поперечное секционирование.

4. Сделать выбор схемы питания, согласно которой будут запитаны все секции главных и второстепенных путей.

5. Произвести обоснование схемы секционирования и питания согласно с индивидуальным заданием.

6. Написать вывод.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Схема индивидуального задания.
3. Продольное и поперечное секционирование.
4. Обоснование схемы питания и секционирования своего задания.
5. Вывод.

Вывод: научились выполнять продольное и поперечное и секционирование контактной сети на участке контактной сети постоянного тока и обеспечить питание каждой секции контактной сети.

### **Практическое занятие № 13**

Тема: Разработка схем питания и секционирования контактной сети переменного тока

Цель: Научиться выполнять продольное и поперечное и секционирование контактной сети на участке контактной сети переменного тока и обеспечить питание каждой секции контактной сети

### **Краткие теоретические сведения**

Продольное секционирование - электрическое отделение контактной сети перегона от контактной сети станции по каждому главному пути. На линиях переменного тока при питании секций контактной сети разными фазами, недопустимо замыкание (шунтирование) двух секций контактной сети через токоприемник, поэтому производится монтаж нейтральной вставки. Длина нейтральной вставки больше расстояния между первым и последним токоприемниками электроподвижного состава (около 200 м, на участках с обращением моторвагонных секций, если в ходу только электровагоны 80-120м).

При электрификации на переменном токе продольное секционирование контактной сети выполняется с одной стороны станции трехпролетным изолирующим сопряжением анкерных участков, которое располагается в зоне станции между входным светофором и первой путевой стрелкой, а с другой стороны станции - той, где располагается тяговая подстанция - двумя изолирующими сопряжениями с нейтральной встав-

кой, местоположение которых на перегоне, за выходным (входным) светофором.

Поперечное секционирование - это электрическое отделение секций контактной сети второстепенных путей от главных, отделение контактной сети одних главных путей от контактной сети других главных путей. Поперечное секционирование выполняется секционными и врезными изоляторами. Секция контактной сети включает в себя на станции не более трех второстепенных путей, а в парках не более пяти. Вне зависимости от числа электрифицируемых путей в отдельные секции выделяют контактную сеть путей для производства погрузо-разгрузочных работ, осмотра крышевого оборудования, отстоя и экипировки электроподвижного состава, снабжения водой пассажирских вагонов, налива цистерн, путей электродепо и т.д.

Питание контактной сети станции и перегонов осуществляется от тяговых подстанции, питание двухстороннее, нечетными фидерами запитывается контактная сеть нечетных путей и, соответственно, четными фидерами запитывается контактная сеть четных путей.

Для выбора схемы питания контактной сети электрифицируемого участка необходимо учитывать местоположение тяговых подстанции и количественное развитие второстепенных путей. При электрификации на переменном токе автономная схема принимается в случае, когда количество второстепенных путей больше или равно 5, кроме главных путей станции, независимо, где располагается подстанция в горловине станции или посередине. Экономичная схема питания контактной сети принимается в том случае, когда число второстепенных путей меньше 5 и подстанция находится в одной из горловин станции.

В питающих линиях контактной сети переменного тока линейные разъединители устанавливаются в месте присоединения к контактной сети. Эти разъединители должны иметь моторный привод.

### **Исходные данные**

Схема станции с развитием второстепенных путей и двумя прилегающими к ней перегонами. Схема - индивидуальное задание.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить краткие теоретические данные.
2. Подробно ознакомиться со схемой участка контактной сети, перечертить схему проектируемого участка в отчет практической работы.
3. Выполнить продольное и поперечное секционирование.
4. Сделать выбор схемы питания, согласно которой будут запитаны все секции главных и второстепенных путей.
5. Произвести обоснование схемы секционирования и питания согласно с индивидуальным заданием.

6. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Схема индивидуального задания.
3. Продольное и поперечное секционирование.
4. Обоснование схемы питания и секционирования своего задания.
5. Вывод.

Вывод: научились выполнять продольное и поперечное и секционирование контактной сети на участке контактной сети переменного тока и обеспечить питание каждой секции контактной сети

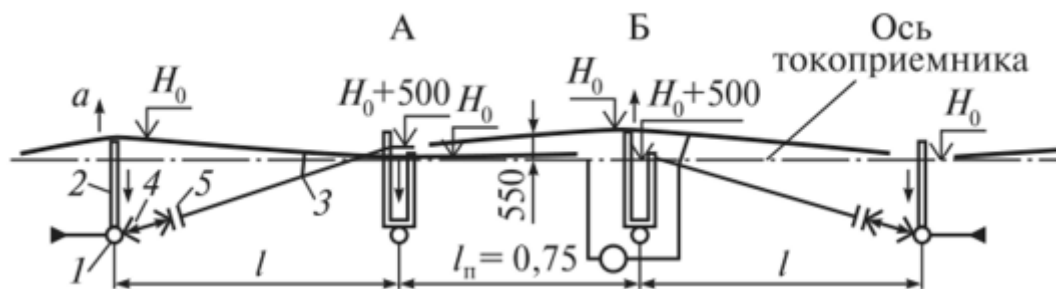
### Практическое занятие № 14

Тема: Изучение изолирующих сопряжений анкерных участков

Цель: Изучить изолирующие сопряжения при электрификации на постоянном и переменном токе

### Краткие теоретические сведения

Для секционирования контактной сети на перегонах и главных путях станции применяют изолирующие сопряжения анкерных участков. Трехпролетное изолирующее сопряжение выполняется по схеме.



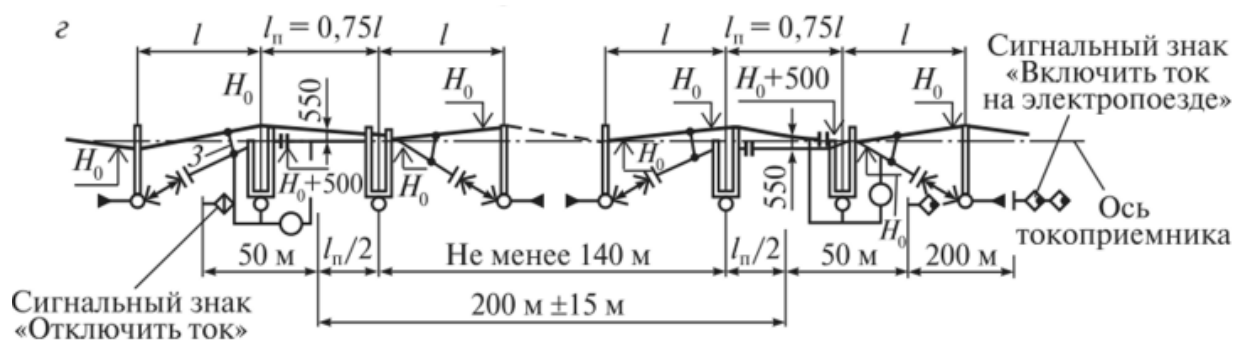
1 – опора; 2 – консоль; 3 – электрическое соединение; 4 – анкеровка; 5 – изоляторы;  $l$  – длина пролета;  $a$  – зигзаг;  $H_0$  – высота подвески проводов.

Между анкерными опорами устанавливаются две переходные опоры, на которых монтаж проводов выполняется таким образом, чтобы в пролете между переходными опорами, контактные провода были на расстоянии 550 мм, образуя воздушный промежуток, который обеспечивает электрическую изоляцию между контактными проводами двух разных анкерных участков, а также плавный проход токоприемника. Контактные провода в переходном пролете относительно друг друга постепенно



поднимаются в сторону анкеровки, находясь на одном уровне в средней части переходного пролета на расстоянии 6-12м, на этом участке полз токоприемника взаимодействует с двумя контактными подвесками разных анкерных участков. У переходных опор в приподнятые контактные провода и несущие тросы врезаются изоляторы. Переходной пролет (для ветроустойчивости) выполняется на 10=25% меньше. Перемещение проводов в компенсированной контактной подвеске при изменении температур осуществляется поворотными консолями и фиксаторами, установленными для каждой ветви отдельно. Продольный секционный разъединитель, соединяющий и разъединяющий секции контактной сети устанавливается на одной из переходных опор.

Схема изолирующих сопряжений с нейтральной вставкой.



1 – опора; 2 – консоль; 3 – электрическое соединение; 4 – анкеровка; 5 – изоляторы;  $l$  – длина пролета;  $a$  – зигзаг;  $H_0$  – высота подвески проводов.

На линиях переменного тока при питании секций контактной сети разными фазами, в случае питания напряжением разного рода тока и при подходе к заземленным участкам, где недопустимо замыкание (шунтирование) двух секций контактной сети через токоприемник, производится монтаж нейтральной вставки. Нейтральные вставки представляют собой контактную подвеску, расположенную между двумя последовательно расположенными изолирующими сопряжениями. Длина нейтральной вставки больше расстояния между первым и последним токоприемниками электроподвижного состава (около 200 м, на участках с обращением моторвагонных секции, если в ходу только электровозы 80-120м). Изолирующие сопряжения с нейтральной вставкой выполняются в зоне станции со стороны тяговой подстанции и их, местоположение на перегоне за выходным (входным) светофором. ЭПС проходит нейтральную вставку по инерции с отключением тока.

Схемы ограждения знаками и указателями:

- трехпролетного изолирующего сопряжения



- 1-Внимание токораздел! 2-Опустить токоприемник 3-Поднять токоприемник  
- изолирующих сопряжений с нейтральной вставкой



- 1-Отключить ток. 2-Включить ток на электровозе. 3-Включить ток на электропоезде.

### Исходные данные, используемая литература:

1. Наглядные пособия, макеты, выполненных изолирующих сопряжений на постоянном токе.
2. Схемы изолирующих сопряжений с нейтральной вставкой на переменном токе.
3. Учебники Ю.И.Горошкова и Н.А.Бондарева «Контактная сеть», альбом Н.Л.Соколова «Контактная сеть».
4. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Инструкция по сигнализации на железнодорожном транспорте Российской Федерации.

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Подробно ознакомиться со схемой выполнения изолирующего сопряжения на контактной сети постоянного тока, перерисовать схему в отчет практической работы.

3. Подробно ознакомиться со схемой выполнения изолирующих сопряжений на контактной сети переменного тока, перерисовать схему в отчет практической работы.

4. Указать ограждение постоянными знаками и указателями изолирующих сопряжений постоянного и переменного тока.

5. Написать вывод.

Вывод: изучили изолирующие сопряжения при электрификации на постоянном и переменном токе.

## **Практическое занятие № 15**

Тема: Изучение конструкции секционных разъединителей

Цель: Изучить конструктивное исполнение секционных разъединителей

### **Краткие теоретические сведения**

Секционные разъединители предназначены для электрического соединения или разъединения отдельных секций контактной сети, а также для подключения к контактной сети питающих линий. На участках постоянного тока применяются секционные разъединители РС-3000/ 3,3 и РКС-3,3/3000, рассчитанные на прохождение длительного тока 3000А и напряжение 3,0 кВ, а также РКЖ--3,3/3000, РКЖ-3,3/1250, РКМ-3,3/3000, РКМ-3,3/1250. Усиленный разъединитель РКС-3,3/4000 рассчитан на ток 4000А. Секционные разъединители монтируют на специальных кронштейнах, закрепленных на опорах. Не допускается над разъединителями наличие проводов и конструкций на расстоянии менее 2-х метров. Разъединители устанавливаются на высоте 5-6 метров от поверхности земли, монтируют их на специальных опорно-штыревых изоляторах. Секционные разъединители состоят из литой опорной рамы и двух изоляторов. Изолятор подвижный жестко скреплен с горизонтальной осью, которая может свободно поворачивается в подшипниках основания. Поворот изолятора осуществляется при помощи рычага, насаженного на ту же ось. При отключении разъединителя подвижный изолятор отклоняется от вертикали примерно на 30 градусов. При этом между токоведущими частями разъединителя устанавливается воздушный промежуток длиной около 200мм. Разъединитель относится к вертикально-поворотному типу. Контактная система разъединителя состоит из главных контактов, дугогасительных рогов и контактных выводов для подключения проводов, соединяющих разъединитель с контактной сетью. Главный контакт неподвижного изолятора представляет собой медные губки, снабженные пружинами. При включении разъединителя в эти губки плотно входит медный нож - главный контакт

подвижного изолятора. Один, из дугогасительных рогов укреплен на неподвижном изоляторе, другой - на подвижном. Во включенном положении разъединителя рога касаются друг друга. При отключении разъединителя под нагрузкой между его главными контактами возникает электрическая дуга. По мере расхождения контактов она перебрасывается на рога и при достижении определенной длины разрывается. Если требуется при отключении разъединителя одновременно заземлить отключаемую секцию, секционный разъединитель РКС-3,3/3000 оборудуют дополнительно заземляющим ножом, который крепится к подвижному контакту. Этот нож при отключении входит в губки, закрепленные на раме разъединителя, которые заземлены на тяговый рельс.

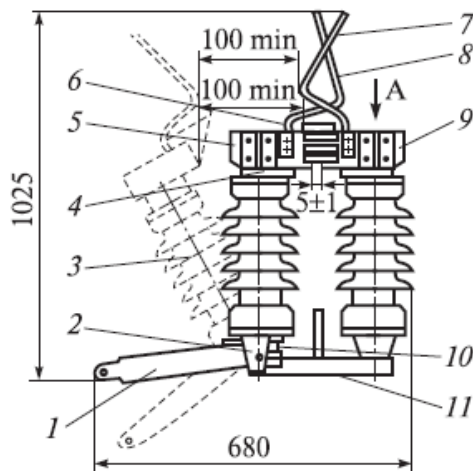


Рис 1. Разъединитель контактной сети постоянного тока РКС-3,3/3000: 1 – рычаг; 2 – подвижный кронштейн; 3 – подвижный изолятор; 4 – нож подвижный; 5 – кронштейн; 6 – кожух; 7, 8 – дугогасящие рога; 9 – нож неподвижный; 10 – упор; 11 – основание.

На участках переменного тока применяют секционные разъединители РД-35/1000, РЛНД-35/1000, РЛНД-35/600 без заземляющих ножей и РЛНД-35/1000 с одним заземляющим ножом. Разъединители рассчитаны на длительный ток 600 или 1000А при напряжении 35 кВ переменного тока. Основанием разъединителя служит рама. На ее концах в подшипниках укреплены стержневые изоляторы, соединенные в нижней части тягой. На двух стержневых изоляторах ОНС 35-500 смонтированы разъединители переменного тока. Включается и отключается разъединитель с помощью одновременно вращающихся двух изоляторов, связанных тягой, которая соединяет рычаги у основания разъединителя. Рычаги приварены к валам, которые в свою очередь соединены с изоляторами и поворачивают их. Изоляторы вращаются таким образом, что укрепленные на их головках полуножи поворачиваются в одну и ту же сторону. При включенном положении разъединителя один из полуножей входит в пальцевые полуконтакты, находящиеся на конце другого полуножа. На головках изолятора шарнирно укреплены контактные выводы, связанные с полуножами гибкими проводниками из ленточной меди. Разъединитель установлен на верхнем выносном кронштейне, а привод с гибкой или

жесткой тягой на нижнем выносном кронштейне. Металлические конструкции разъединителя подлежат заземлению.

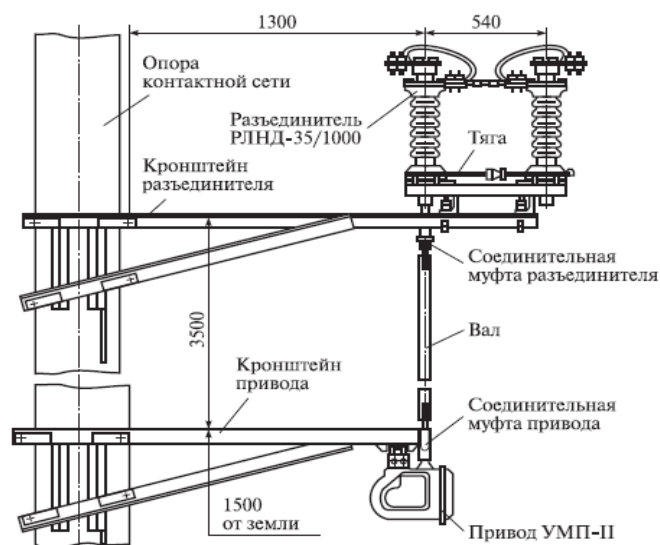


Рис 2. Секционный разъединитель переменного тока РЛНД-35/1000.

Для дистанционного переключения секционных разъединителей как при постоянном, так и при переменном токе используют универсальный моторный привод УМП-II.

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить краткие теоретические сведения о секционных разъединителях.
2. Изучить конструкцию разъединителя постоянного тока по натурному образцу.
3. Изучить конструкцию разъединителя переменного тока по чертежу альбома Соколова Н.Л. “Контактная сеть”.
4. Выполнить эскиз общего вида разъединителя постоянного тока с указанием его элементов, и схемой установки на железобетонной опоре.
5. Описать конструкцию разъединителя и механизм его переключения.
6. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Общий вид разъединителя постоянного тока и принцип его действия.
3. Общий вид разъединителя переменного тока и принцип его действия.
4. Вывод.

Вывод: изучили конструктивное исполнение секционных разъединителей.

## Практическое занятие № 16

Тема: Изучение конструкции секционных изоляторов

Цель работы: изучить конструктивное исполнение секционных изоляторов

Оборудование и приборы: натуральный образец разъединителя постоянного тока в кабинете контактной сети.

### Краткие теоретические сведения

Секционные изоляторы предназначены для секционирования путей, съездов на станциях, в том числе там, где длина недостаточна для размещения изолирующих сопряжений, контактную сеть разделяют секционными изоляторами. Разработаны различные конструкции секционных изоляторов, в том числе для различных условий. В качестве изолирующих элементов в секционных изоляторах применяют полимерные вставки, стержневые фарфоровые изоляторы и в несущем тросе — тарельчатые фарфоровые или стеклянные изоляторы.

К первым по конструкции секционным изоляторам, которые в настоящее время находятся в эксплуатации, относятся трехпроводные секционные изоляторы. Они доступны для изготовления на дистанциях электроснабжения. В этих изоляторах к основному контактному проводу подкатывают два отрезка вспомогательного контактного провода, располагая их по обе стороны от него в плане на расстоянии 300 мм при переменном токе и 100 мм при постоянном токе.

С одной стороны оба эти отрезка прикрепляют к основному контактному проводу, а с другой через изоляторы анкеруют на коромысло. С помощью натяжной муфты и отрезков сталемедного троса на вспомогательные контактные провода передается примерно половина натяжения основного контактного провода.

Для удаления изоляторов от токоприемника устанавливают специальные распорки, которые приподнимают изоляторы на 150 мм выше уровня рабочего контактного провода. К несущему тросу секционный изолятор подвешивают на струнах. Нормальная длина трехпроводного секционного изолятора 16 м. В отдельных случаях при укороченных съездах устанавливают трехпроводные секционные изоляторы длиной 8 м при постоянном токе и 12 м — при переменном токе. По трехпроводным секционным изоляторам токоприемники могут проходить со скоростью не более 50 км/ч.

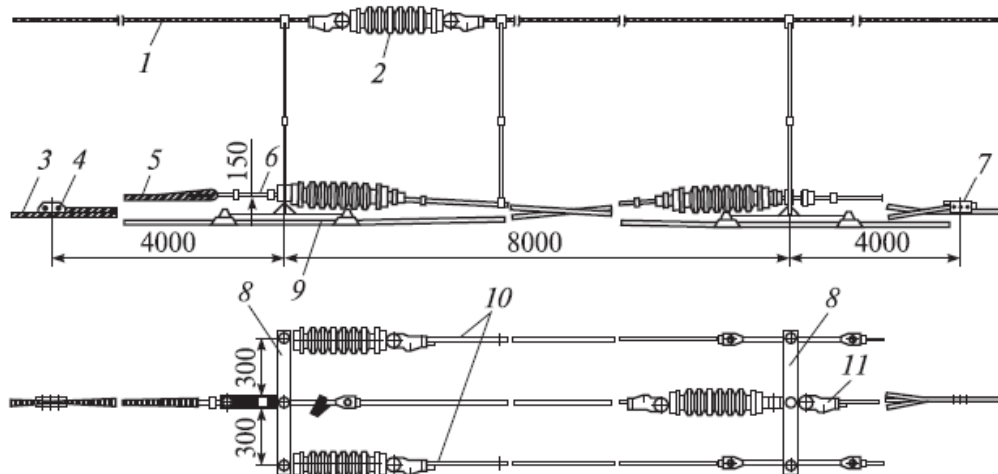


Рис 1. Трехпроводный секционный изолятор:

1 — несущий трос; 2 — изолятор; 3 — основной контактный провод; 4 — зажим средней анкеровки; 5 — сталемедный трос; 6 — натяжная муфта; 7 — переходной зажим; 8 — коромысло; 9 — распорка; 10 — вспомогательный контактный провод; 11 — клиновидный зажим

В настоящее время в эксплуатации находятся секционные изоляторы ИС-4-80-3, ИС-2-80-3 для участков постоянного тока; ИС-1-80-25 для участков переменного тока и ИС-0-80-25/3, ИС5-80-25/3 для участков переменного тока и станций стыкования.

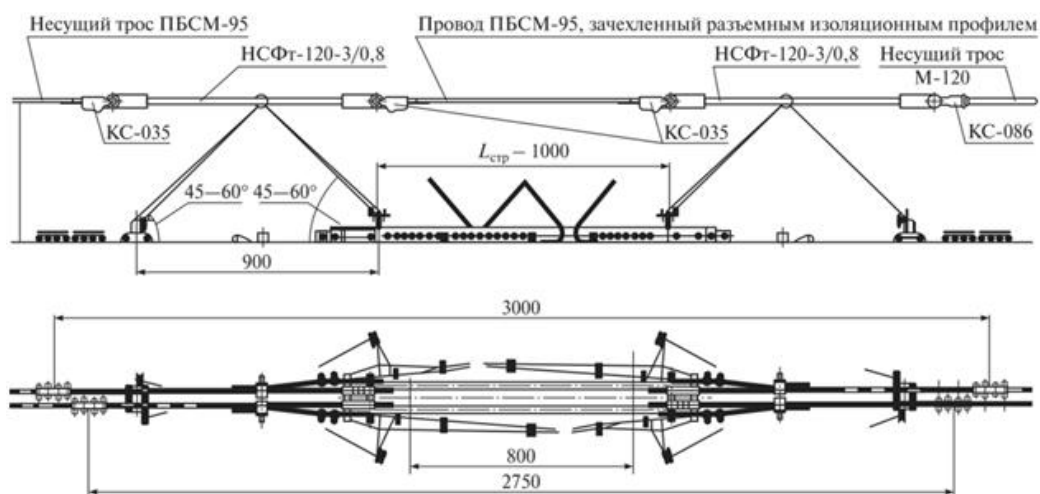


Рис 2. Секционный изолятор постоянного тока ИС-4-80-3

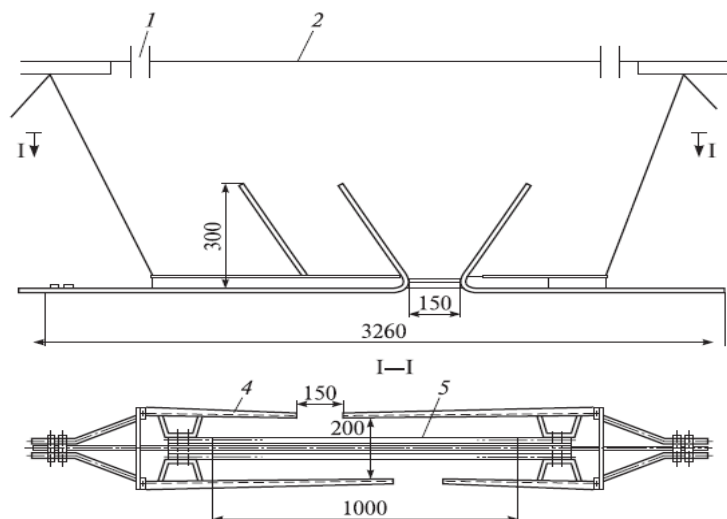


Рис 3. Секционный изолятор переменного тока ИС-1-80-2; 1 — изолятор; 2 — штанга; 3 — полимерный изолятор; 4 — скользян; 5 — изолятор стержневой полимерный

Секционные изоляторы для станций стыкования по техническим характеристикам должны удовлетворять требованиям контактной сети постоянного и переменного тока, особенностям секционирования контактной подвески. В настоящее время применяют секционные изоляторы МСМ-1М, МСИ-11М, СИ-7, ЦНИИ-7МА, ИС-О-80-25/3, малогабаритные секционные изоляторы конструкции В.Г. Крапивина и др.

Секционные изоляторы замкнутой конструкции 8А-200-3, 12А-200-25 и 2А-200-25/25 имеют высокие эксплуатационные показатели по эффективности дугогашения и плавности прохода токоприемников. Длина пути утечки изолирующих элементов (скользянов) в секционных изоляторах:

- 8А-200-3 на напряжение 3 кВ — 900 мм;
- 12А-200-25 на напряжение 25 кВ — 1300 мм;
- 2А-200-25/25 для разделения фаз, систем тока и образования нейтральных вставок — 4000 мм.



Основные технические данные секционных изоляторов

Техническая характеристика	Марка секционного изолятора		
	ИС-2-80-3	ИС-1-80-25	ИС-0-80-25/3
Номинальное напряжение, кВ	3	25	25
Допустимая скорость, км/ч	80		
Средний срок службы, лет	20		
Механическая нагрузка на изолятор при растяжении, кН (кгс): допускаемая испытательная разрушающая	10 (1000) 15 (1500) 25 (2500)		
Длина пути утечки, мм	600	1000	1000
Воздушный зазор в устье дугогасительных рогов, мм	50±10	150±10	—
Воздушный зазор между разнопотенциальными элементами, мм	—	200±10	200±10
Длина, мм	1500	3260	2770
Ширина, мм	150	280	520
Высота, мм	300	300	120
Масса, кг	9	19	15

На изолирующих элементах (скользунах) установлены дугогасящие устройства, состоящие из рогового разрядника и расположенного последовательно с ним воздушного промежутка с дугоотводящими рогами, обеспечивающие гашение электрической дуги.

Секционные изоляторы рассчитаны на скорость прохода токоприемников до 200 км/ч, эксплуатацию при температурах от  $-50$  до  $+40$  °С в районах с СЗА до VII включительно. Срок службы изоляторов 20 лет.

Секционные изоляторы должны иметь в несущем тросе нейтральную вставку длиной 1,5—2 м в зависимости от расстояния между несущим тросом и контактным проводом.

#### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить краткие теоретические сведения о секционных изоляторах.
2. Изучить конструкцию изолятора постоянного тока по натурному образцу.
3. Изучить конструкцию изоляторов постоянного и переменного тока по чертежу альбома Соколова Н.Л. “Контактная сеть”.
4. Выполнить эскиз общего вида разъединителя постоянного тока с указанием его элементов.
5. Описать конструкцию и механизм секционных изоляторов.
6. Написать вывод.

## Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Общий вид изолятора постоянного тока и принцип его действия.
3. Общий вид изолятора переменного тока и принцип его действия.
4. Вывод.

Вывод: изучить конструктивное исполнение секционных изоляторов

## Практическое занятие № 17

Тема: Изучение схемы секционирования контактной сети станции стыкования участков контактной сети постоянного и переменного тока

Цель: Изучить схему станции стыкования постоянного и переменного токов

### Краткие теоретические сведения

На сети железных дорог существует система стыкования электрифицированных участков контактной сети постоянного и переменного токов на станциях или в отдельных их парках - способом переключения секций контактной сети на два рода тока.

Уровень изоляции на таких станциях должен быть как на участках переменного тока, а способ защиты опор от электрокоррозии как на участках контактной сети постоянного тока.

Переключаемые секции разделены между собой секционными изоляторами. Границы переключаемых секций должны совпадать с изолирующими стыками рельсов цепей СЦБ.

Контактная сеть станции от контактной сети перегонов отделяется воздушным промежутком со стороны постоянного тока, а со стороны переменного тока - двумя воздушными промежутками с нейтральной вставкой. Между переключаемыми секциями и воздушными промежутками находятся непереключаемые секции контактной сети с тем же родом тока, что и на перегоне, чтобы исключить случаи «ухода» другого («чужого») рода тока на перегон.

В основу системы стыкования положена электрическая централизация станции с маршрутным управлением. В единую систему объединены: стрелки, сигналы, переключатели или разъединители переключаемых секций контактной сети, входящие в маршрут приема, отправления и маневровые маршруты поездов.

Переключение производится автоматически, одновременно с переводом стрелок дежурным по станции (ДСП) с пункта маршрутно-релейной централизации (МРЦ), постоянный и переменный ток подается в зависимости от рода тока электроподвижного состава, с пунктов груп-

пировки. Пункты группировки (ПГ) получают питание от тяговой подстанции, расположенной на этой же станции. Питающие линии тяговой подстанции соответствующего тока подключают к контактной сети обеих горловин станции стыкования и прилегающих перегонов, а в районе переключения к пунктам группировки. К каждому пункту группировки подведены по две питающих линии постоянного и переменного тока.

Переключение рода тока в секциях производится переключателями с пунктов группировки, включенных в единую систему МРЦ.

Типы переключателей на станциях стыкования: ПСС –IV-, ПСС –2-V-2, ПСС –В-3,3/2.

### Исходные данные

Схема секционирования станции стыкования постоянного и переменного токов, наглядные пособия кабинета контактной сети.

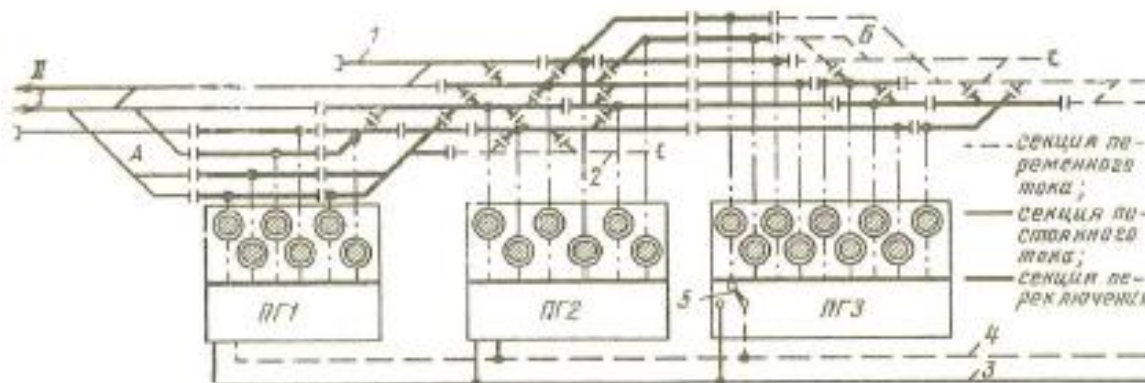


Рис 1. Схема секционирования станции стыкования:

А и Б – парки путей; I и II – главные пути; ПГ – пункты группировки; 1, 2 – тупики отстоя электровозов соответственно постоянного и переменного тока; 3, 4 – питающие линии соответственно постоянного и переменного тока; 5 – переключатель систем тока.

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Начертить схему секционирования станции стыкования.
3. Описать, как для электроподвижных составов производится смена токов.
4. Написать вывод.

### Содержание отчета:

1. Наименование и цель работы.
2. Схема секционирования контактной и описание принцип действия станции стыкования.
3. Указание переключателей, устанавливаемых на пунктах группировки.

#### 4. Вывод.

Вывод: изучили схему станции стыкования постоянного и переменного токов.

### **Практическое занятие № 18**

Тема: Изучение конструкций консолей

Цель: Практически ознакомиться с конструкцией консолей

Оборудование и приборы: натурные образцы консолей марок КИС и НР.

#### **Порядок выполнения занятия:**

1. Описать назначение консолей.
2. Зарисовать консоль марки НР.
3. Зарисовать консоль марки КИС.
4. Указать на рисунках названия элементов конструкции консолей марок НР и КИС.
5. Установить, из каких металлических профилей изготовлены элементы изучаемых консолей.
6. Указать места применения консолей на электрифицированных железных дорогах.
7. Оформить отчет.
8. Сделать выводы.

#### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Эскиз консоли марки НР.
3. Эскиз консоли марки КИС.
4. Основные элементы конструкции консолей.
5. Ответы на вопросы.
6. Вывод по области применения консолей.

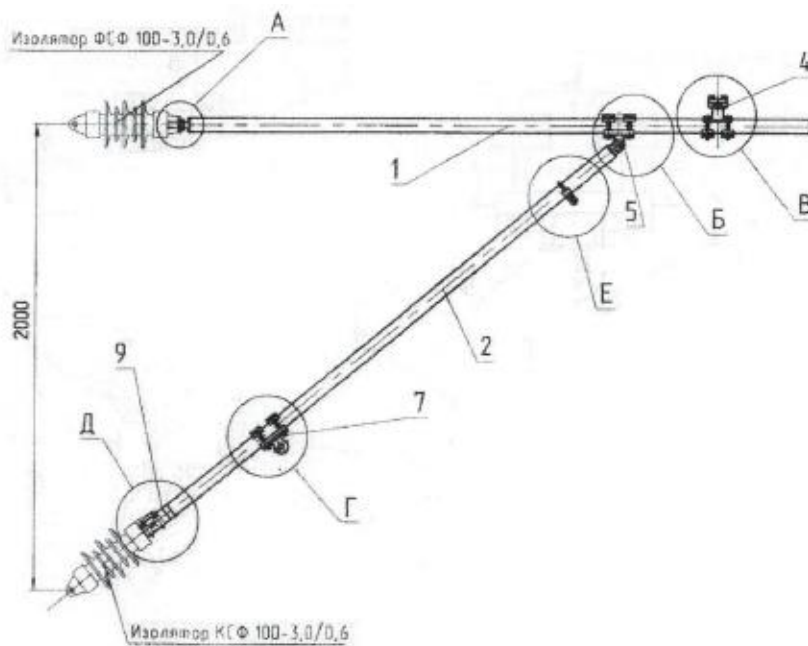


Рис 1. Консоль изолированная трубчатая горизонтальная

- 1 – Горизонтальный стержень;
- 2 – Наклонный стержень;
- 4 – Поворотный зажим
- 5 – Узел стыковой;
- 7 – Узел основного фиксатора;
- 8 – Ушко струновое УКС-510;
- 9 – Втулка для маркировки

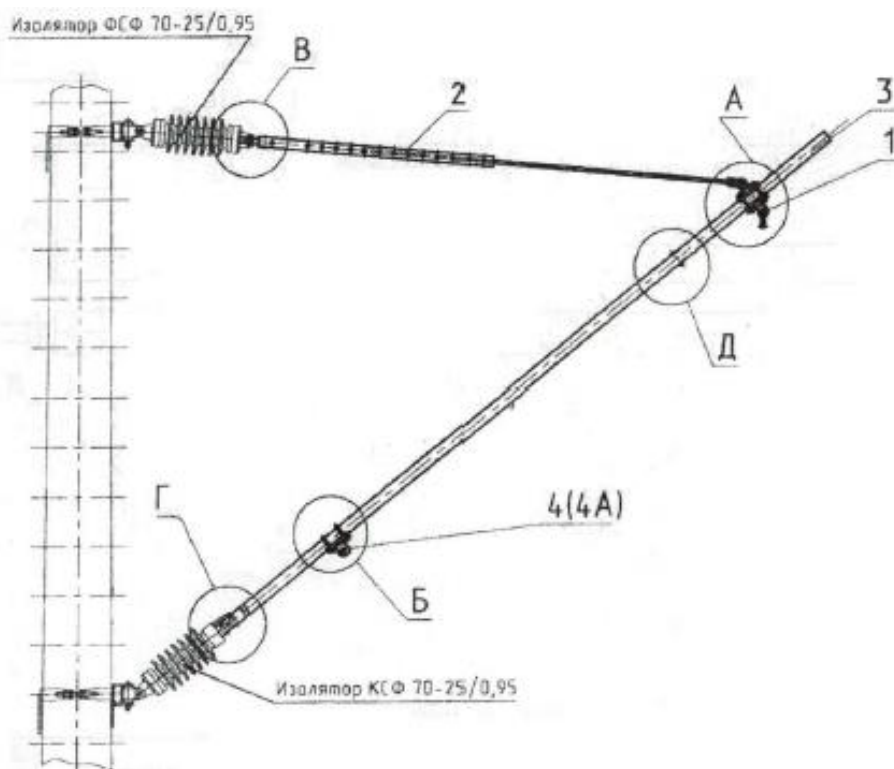


Рис 2. Консоль изолированная наклонная

- 1 – Узел стыковой;
- 2 – Тяга растянутая;

- 3 – Стержень наклонный
- 4 – Ушко шарнирное основного стержня фиксатора УКС-507;
- 4А – Ушко шарнирное двойное фиксатора анкеруемой ветви УКС-508;
- 5 – Втулка для маркировки.

Вывод: практически ознакомились с конструкцией консолей

### **Практическое занятие № 19**

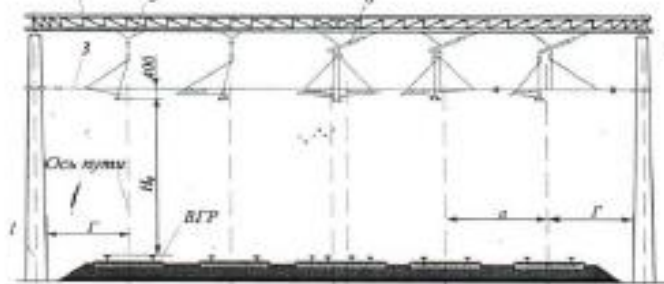
Тема: Изучение конструкций жестких и гибких поперечин

Цель: Ознакомление с конструкцией жестких и гибких поперечин

Оборудование и приборы:

1. Макет жесткой поперечины
2. Макет гибкой поперечины

### Жесткая поперечина для компенсированных подвесок постоянного тока

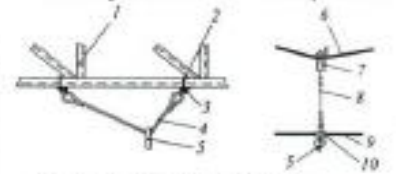


1 – опора; 2 – жесткая поперечина; 3 – фиксирующий трос; 4 – фиксатор; 5 – треугольный подвес; 6 – наклонный подвес; Г – габарит установки опор жесткой поперечины;  $H_0$  – номинальная высота подвеса контактного провода над ВГР; а – расстояние между осями смежных путей

### Подвеска

на жесткой поперечине

на гибкой поперечине



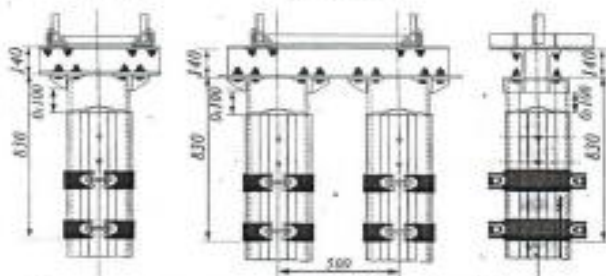
1 – жесткая поперечина; 2 – крюковой болт; 3 – опорный уголок; 4 – треугольный подвес; 5 – серьга; 6 – поперечный несущий трос; 7 – зажим для поперечных несущих тросов; 8 – струна; 9 – верхний фиксирующий трос; 10 – хомутовый зажим

### Крепление ригеля на вершинах стоек

вид поперек пути на вершинах стоек

вид поперек пути при спаренных стойках

вид вдоль пути



### Схема изолированной гибкой поперечины



### Порядок выполнения занятия:

1. Описать назначение и область применения гибких поперечин.
2. Выполнить рисунок гибкой поперечины.
3. Описать назначение и область применения жесткой поперечины.
4. Выполнить рисунок жесткой поперечины.
5. Указать основные элементы конструкции гибкой и жесткой поперечин.
6. Сравнить поперечины по эффективности применения на железнодорожном транспорте.
7. Оформить отчет.

8. Сделать выводы.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Назначение и область применения гибких поперечин.
3. Эскиз гибкой поперечины с указанием основных элементов.
4. Назначение и область применения жесткой поперечины.
5. Эскиз жесткой поперечины с указанием основных элементов.
6. Сравнительная характеристика поперечин.
7. Вывод.

Вывод: практически ознакомились с конструкцией консолей

### Практическое занятие № 20

Тема: Подбор типовых консолей и фиксаторов для заданной схемы расположения опор

Цель: Научиться осуществлять подбор типовых консолей и фиксаторов для заданной схемы расположения опор

#### Исходные данные

Схема расположения опор приведена в Приложении .1. Радиус кривой задается преподавателем по таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
рельеф										
Кривая R, м	300	700	1200	1400	1100	500	900	1500	1800	800
Длина пролета, м	40	50	60	70	70	35	50	65	70	60
Скорость ветра, м/с	22	25	29	32	36	22	25	29	32	36
Возвышение наружного рельса над внутренним для всех вариантов принять 40мм										

#### Порядок выполнения занятия:

1. Вычертить схему расположения опор на заданном участке пути (согласно варианту и образцу из Приложения 1).



2. Подобрать типовые консоли и фиксаторы для заданной схемы, используя Приложения 2, 3, 4.

3. Свести данные подбора типовых конструкций в таблицу 2.

Таблица 2 – Типовые конструкции

№ опоры	Консоли	Фиксаторы

4. Сделать выводы.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Схема расположения опор с нанесенными согласно варианту исходными данными.
3. Заполненная таблица типовых конструкций.
4. Вывод по работе.

### Приложение 1

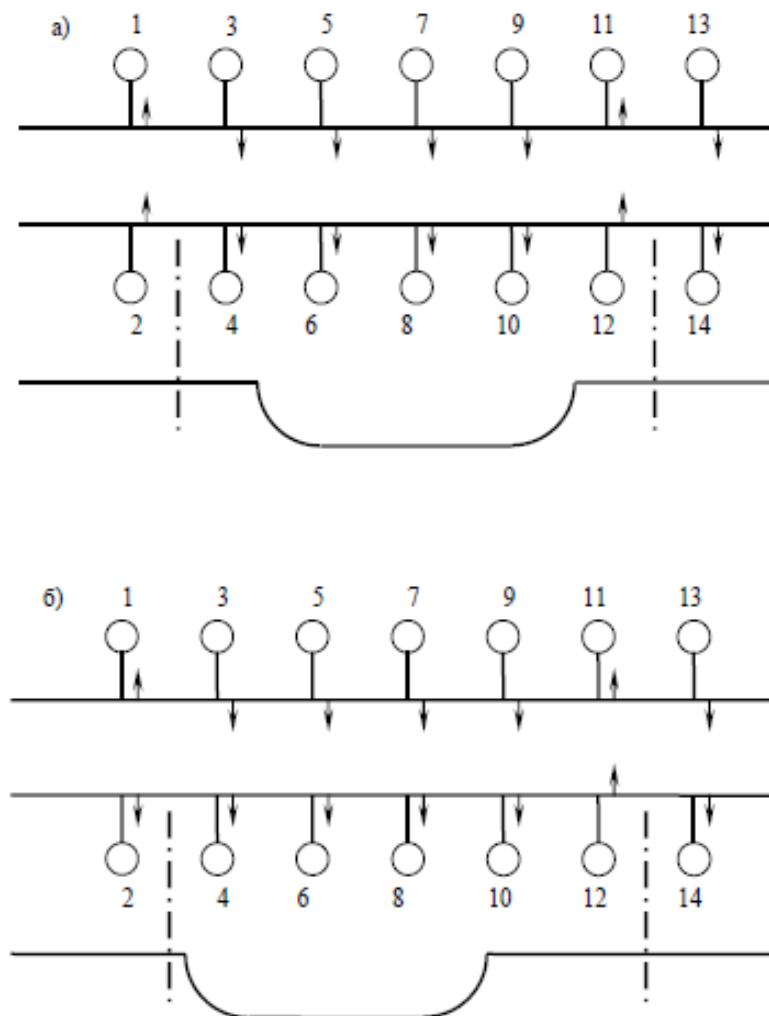


Рис 1. Схемы расположения опор.

Приложение 2

Области применения неизолированных швеллерных консолей на участках  
постоянного тока

Промежуточные опоры			Тип консоли при габарите опор, м			
			3,1...3,5	4,9	5,7	
Типовые опоры	Прямая		НР-I-5	НР-III-6,5	НР-IV-6,5	
	Внешняя сторона кривой					
	Внутренняя сторона кривой радиусом	Св. 2000 м	НСУ-I-5	НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5	
		от 1000 м до 2000 м вкл.				
		до 1000 м вкл.	НСУ-I-6,5	НСУ-III-6,5 п	НСУ-IV-6,5 п	
На воздушной стрелке	Прямая		2НСУ-I-6,5	2НСУ-III-6,5п	—	
Опоры средней анкеровки при компенсированной подвеске	Прямая		НСУ-I-5	НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5	
	Внешняя сторона кривой радиусом					
	Внутренняя сторона кривой радиусом	Св. 600 м		НСУ-I-5	НСУ-III-6,5 п	НСУ-IV-6,5 п
		до 600 м вкл.				
		Св. 2000 м	НСУ-III-6,5	НСУ-IV-6,5		
		до 2000 м вкл.	НСУ-I-6,5	НСУ-III-6,5 п	НСУ-IV-6,5 п	

Приложение 3

Области применения изолированных трубчатых консолей на участках  
переменного тока

Промежуточные опоры			Тип консоли при проектном габарите опор, м		
			3,1...3,5	3,7	4,9
Типовые опоры	Прямая		ИТР-II	ИТР-III	ИТР-III+удлин. 1000 мм
	Внешняя сторона кривой				
	Внутренняя сторона кривой радиусом	Св. 1000 м	ИТС-II	ИТС-III	ИТС-III+удлин.
		1000 м и менее			
		ИТС-IIп	ИТС-IIIп	ИТС-IIIп+удлин.	
Опоры на воздушной стрелке	Прямая		2ИС-II-5	2ИС-III-5	2ИС-V-6,5
Опоры средней анкеровки	Прямая		ИТС-II	ИТС-III	ИТС-IIIп+удлин.
	Внешняя сторона кривой				
	Внутренняя сторона кривой радиусом	Св. 1800 м	ИТС-II	ИТС-III	ИТС-IIIп+удлин.
		1800 м и менее			
		ИТС-IIп	ИТС-IIIп	ИТС-IIIп+удлин.	

Приложение 4

Области применения фиксаторов при неизолированных консолях на участках постоянного тока

Назначение фиксатора на промежуточных опорах		Тип фиксатора при габарите опор, м						
		3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	4,9	5,7
Промежуточные опоры								
Прямая	Зигзаг к опоре	ФП-I-3			ФП-III-3	ФП-IV-3		
	Зигзаг от опоры	ФО-II-3	ФЦ-III-3		ФО-V-3	ФО-VI-3		
Внешняя сторона кривой	R менее 800 м	ФГ-2-3						
	R по свше 800 м до R прил. 22	ФГ-3						
	От R по прил. 22 до 1500 м	УФП-II-3			УФП-V-3			
	R свше 1500 м	ФП-II-3			ФП-V-3			
Внутренняя сторона кривой	R менее 800 м	УФО-2-I-3			УФО-2-II-3	УФО-2-III-3		
	R свше 800 м до 1500 м	УФО-I-3			УФО-I-3	УФО-I-3		
	R свше 1500 м	ФО-I-3	ФО-II-3	ФО-IV-3	ФО-V-3			
Переходные опоры на 3-пролетных сопряжениях								
Прямая, трехпролетное сопряжение без секционирования	Опора А	Рабочая ветвь	ФП-I-3		ФП-III-3	ФП-IV-3		
		Анкерная ветвь	ФА-II-3		ФА-IV-3	ФА-VI-3		
	Опора Б	Рабочая ветвь	ФО-II-3	ФО-III-3	ФО-V-3	ФО-VI-3		
		Анкерная ветвь	ФА-II-3	ФА-III-3	ФА-V-3	ФА-VI-3		
Прямая, трехпролетное сопряжение с секционированием	Опора А	Рабочая ветвь	ФП-I-3		ФП-III-3	ФП-IV-3		
		Анкерная ветвь	ФТ-II-3		ФТ-IV-3	ФТ-V-3		
	Опора Б	Рабочая ветвь	ФО-II-3	ФО-III-3	ФО-V-3	ФО-VI-3		
		Анкерная ветвь	ФТ-I-3	ФТ-II-3	ФТ-III-3	ФТ-IV-3	ФТ-V-3	

Приложение 5

Области применения фиксаторов при изолированных консолях на участках переменного тока

Назначение фиксатора			Тип фиксатора при габарите опор, м						
			3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	4,9	5,7*
Прямая	Зигзаг к опоре	ФПИ-1			ФПИ-2	ФПИ-3	ФПИ-4		
	Зигзаг от опоры	ФО-II-3	ФП-III-3		ФО-V-3	ФО-VI-3			
Внешняя сторона кривой	R до величин по прил. 22	ФГИ-1				ФГИ-2			
	R св. величин по прил. 22	ФПИ-2	ФПИ-3			ФПИ-4	ФПИ-5		
Внутренняя сторона кривой			ФОИ-2			ФОИ-2	ФОИ-4		
Переходные опоры трехпролетных сопряжений									
Прямая, трехпролетное сопряжение без секционирования	Опора А	Рабочая ветвь	ФПИ-1с		ФПИ-2с		ФПИ-3с	ФПИ-IV-3	
		Анкерная ветвь	ФАИ-3			ФАИ-4	ФАИ-5		
	Опора Б	Рабочая ветвь	ФОИ-2с	ФОИ-3с		ФОИ-4с	ФОИ-5с		
		Анкерная ветвь	ФАИ-3	ФАИ-4		ФАИ-4	ФАИ-5		
Прямая, трехпролетное сопряжение с секционированием	Опора А	Рабочая ветвь	ФПИ-1с		ФПИ-2с		ФПИ-3с	ФПИ-4с	
		Анкерная ветвь	ФАИ-3			ФАИ-3	ФАИ-5	ФАИ-6	
	Опора Б	Рабочая ветвь	ФОИ-2с	ФОИ-3с		ФОИ-4с	ФОИ-5с		
		Анкерная ветвь	ФАИ-3			ФАИ-4	ФАИ-5		

Вывод: научились осуществлять подбор типовых консолей и фиксаторов для заданной схемы расположения опор

## **Практическое занятие № 21**

Тема: Изучение конструкции железобетонных опор

Цель: Изучить конструкцию железобетонной опоры марки СС136.6-1/23.4

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомиться с конструкцией железобетонной опоры марки СС136.6 (Приложение 1). Указать условия применения и способ заделки в грунт.
2. Выполнить эскиз опоры с указанием основных элементов конструкции. Указать их назначение.
3. Описать способ изготовления опор марок С, СС и ССА. Описать их различия.
4. Описать возможные повреждения железобетонных опор и меры борьбы с ними (Приложение 2).
5. Оформить отчет.
6. Сделать выводы.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Марка изучаемой опоры и ее расшифровка. Условия применения и способ заделки в грунт.
3. Эскиз опоры с указанием основных элементов конструкции и их назначения.
4. Сравнительная характеристика опор марок С, СС и ССА.
5. Таблица с указанием возможных повреждений железобетонных опор.
6. Вывод.

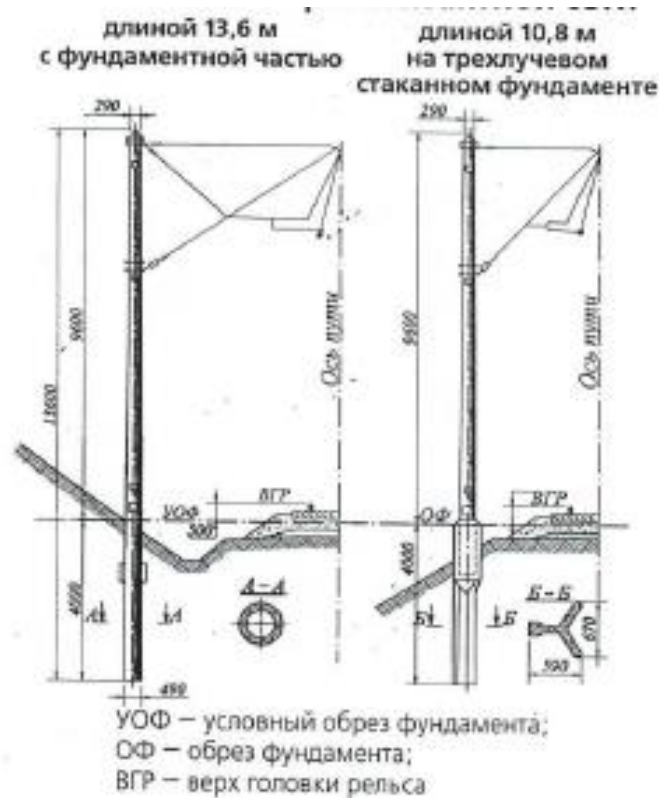
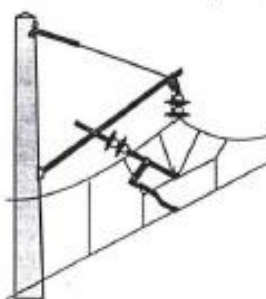


Рис 1. Унифицированные железобетонные консольные опоры контактной сети



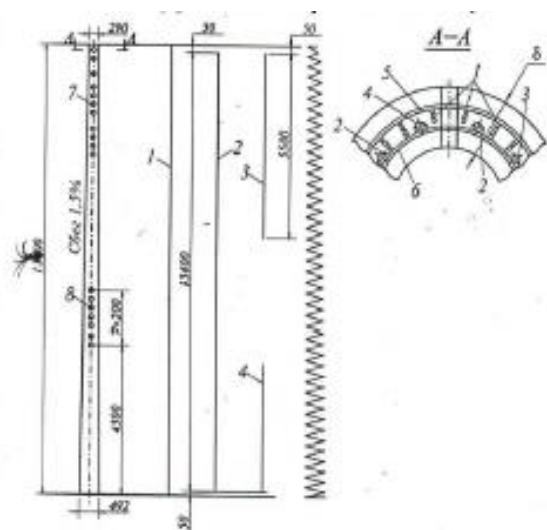
Струнобетонные конические центрифугированные опоры типов С, СО и СС, изготавливаемые в соответствии с ГОСТ 19330-91 разделяются на следующие типы:

С — с проволочной напрягаемой арматурой;

СО — с проволочной напрягаемой арматурой и ненапрягаемой стержневой арматурой в фундаментальной части;

СС — с проволочной напрягаемой и ненапрягаемой стержневой арматурой по всей длине конструкции.

Рис 2. Общий вид консольной опоры


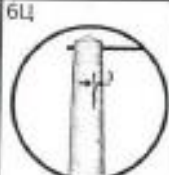

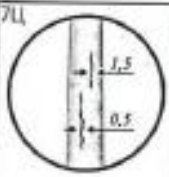






1 — напрягаемая арматура (струны); 2-3 и 4 — ненапрягаемая арматура (стержни); 5 — спираль; 6 — монтажные кольца; 7 — отверстия диаметром 24 мм для закладных деталей; 8 — вентиляционные отверстия диаметром 24 мм

Рис 3. Конструкция опоры СС 10-13.6

Вывод: изучили конструкцию железобетонной опоры марки СС136.6-1/23.4

Предельно допустимые размеры повреждений железобетонных центрифугированных опор

Индекс	Вид	Место расположения по высоте опоры	Характеристика	Допустимые размеры		Индекс	Вид	Место расположения по высоте опоры	Характеристика	Допустимые размеры	
				в струбельных опорах	в опорах с напряженной арматурой					в струбельных опорах	в опорах с напряженной арматурой
1Ц и 10Ц 	Сквозные отверстия в стенке или откол бетона с обнажением арматуры	От условного обреза фундамента: 4,5 м и выше; менее 4,5 м; ниже условного обреза	Ширина выкола А в процентах от длины окружности L	10 5 Не допускается	10 5 Не допускается	6Ц 	Продольные трещины	Между вершиной опоры и лентой консоли	Число трещин в одном поперечном сечении	Одна раскрытием до 3 мм	Одна раскрытием до 3 мм
3Ц 	Коррозия бетона	В надземной части В подземной части	Толщина слоя, поврежденного коррозией равномерно по окружности	6 3	6 3	7Ц 	Продольные трещины	Между лентой консоли и условным обрезом фундамента	Число трещин в одном поперечном сечении	Две раскрытием до 0,4 мм, длиной не более 2 м или одна раскрытием до 1,5 мм	Три раскрытием до 0,5 мм, при этом в сжатой зоне не более двух трещин, или две, одна из которых раскрытием не более 1,5 мм, а другая 0,5 мм
4Ц 	Коррозия обнаженной продольной арматуры	В надземной части В подземной части	Число поврежденных стержней при уменьшении сечения на 30% или число полностью поврежденных пучков	1 Не допускается	1 Не допускается		Продольные трещины	В подземной части	Число трещин в одном поперечном сечении	Не допускается	Не допускается
5Ц 	Поперечные трещины	В надземной части В подземной части	Ширина раскрытия, мм	0,1 Не допускается	0,5 0,2	8Ц 	Продольные трещины	В подземной части	Число трещин в одном поперечном сечении	Не допускается	Не допускается

## **Практическое занятие № 22**

Тема: Изучение конструкции металлических опор

Цель: Изучить конструкцию металлических опор марки М и МК

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомиться с конструкцией опоры марки МК (Приложение 1).  
Указать область применения.
2. Выполнить эскиз опоры марки МК, указать основные элементы опоры, способы установки на фундаментах.
3. Ознакомиться с конструкцией опор марок М и МН. (Приложение 2).  
Указать области применения.
4. Выполнить эскиз опоры марки МН. Указать элементы опоры, способ изготовления.
5. Оформить отчет.
6. Сделать выводы.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Эскиз опоры марки МК, основные элементы опоры, способы установки на фундаментах.
3. Эскиз опоры марки МН, элементы опоры, способ изготовления.
4. Вывод.

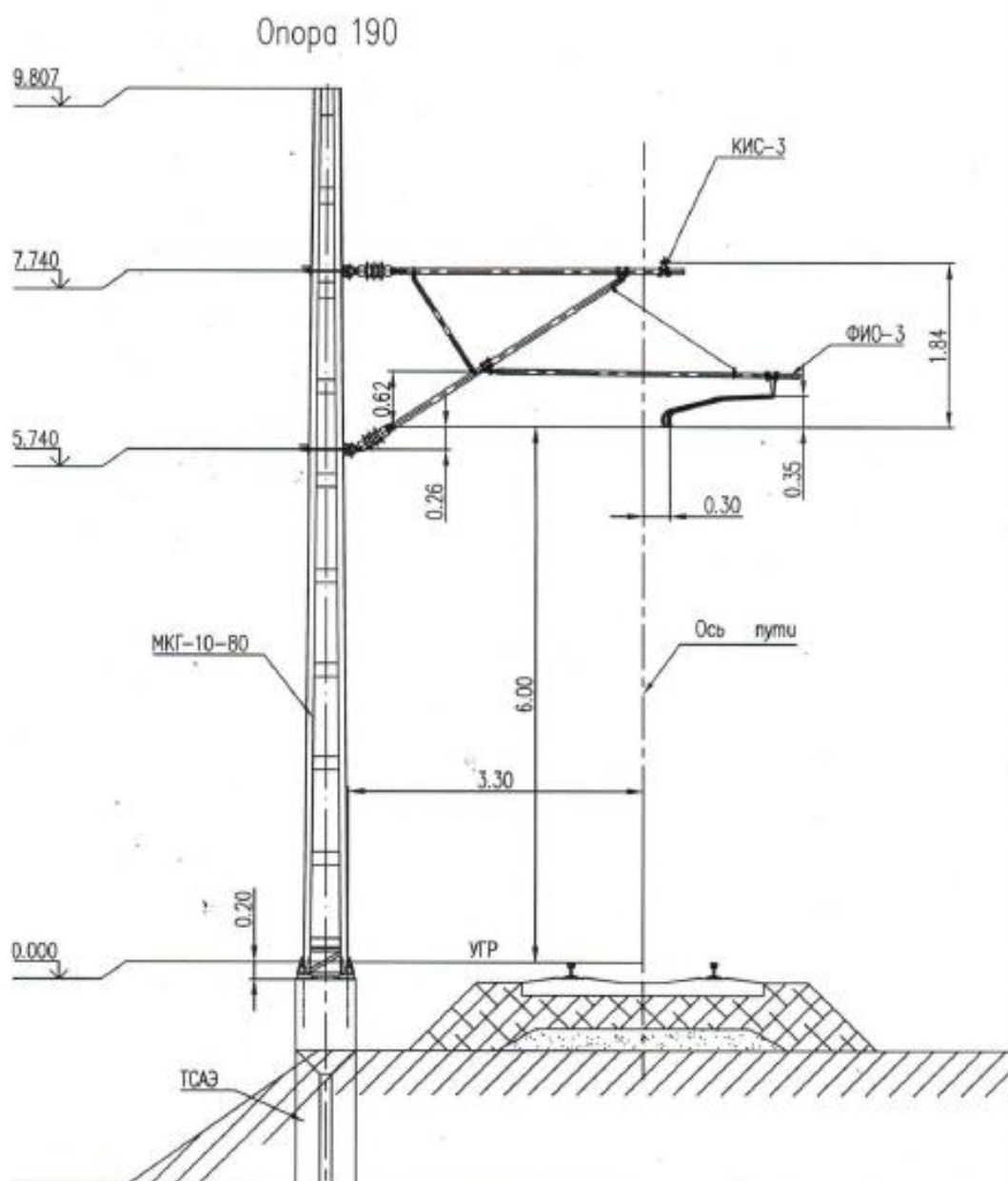


Рис 1. Металлическая опора марки МК



### Центровка раскосов

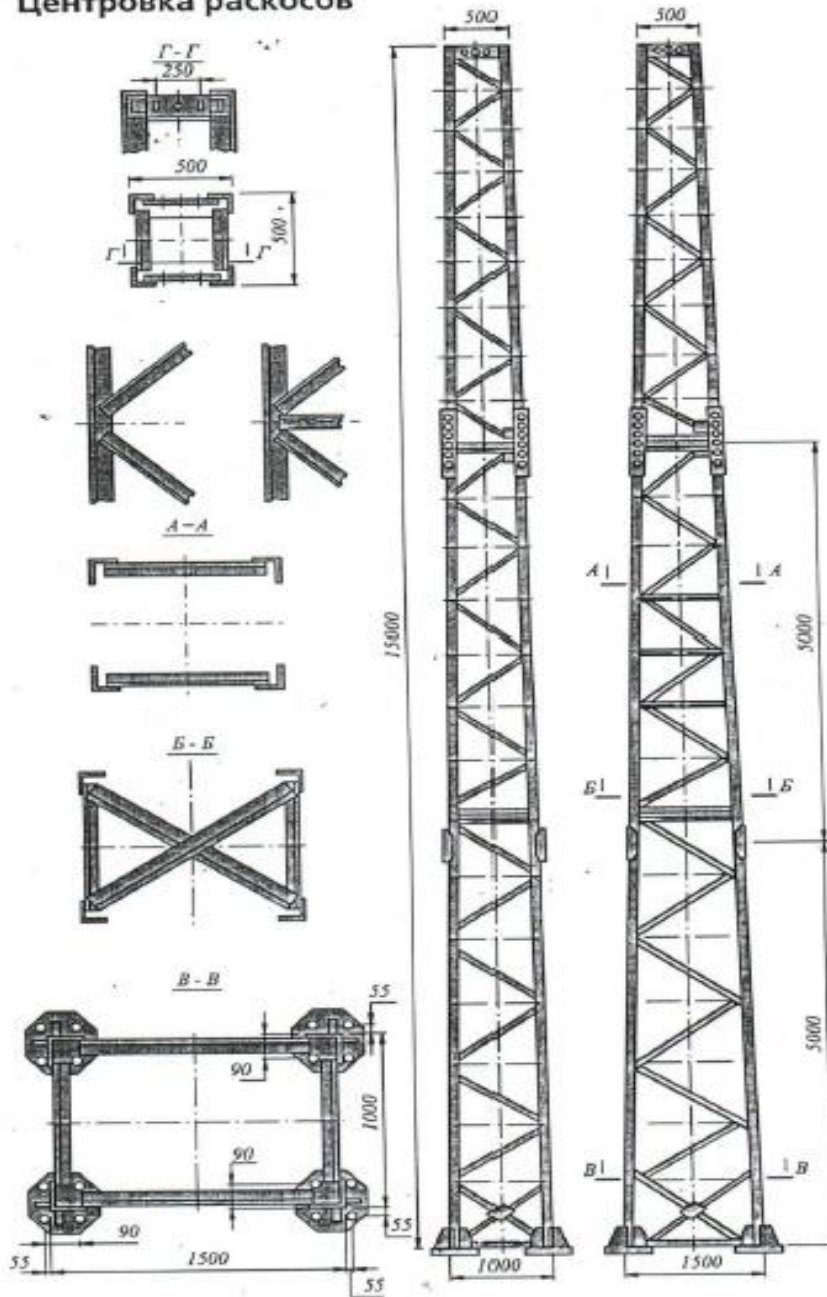


Рис 2. Металлическая опора марки М (МН)

Вывод: изучили конструкцию металлических опор марки М и МК

Тема: Расчет изгибающего момента, действующего на опору и подбор типовой опоры

Цель: Научиться производить расчет и подбор типовых опор

### Исходные данные

Исходные данные переписать из практической работы № 9

### Порядок выполнения занятия:

1. Вычертить схему опоры, загруженную действующими на нее нагрузками (согласно рисунку 1)

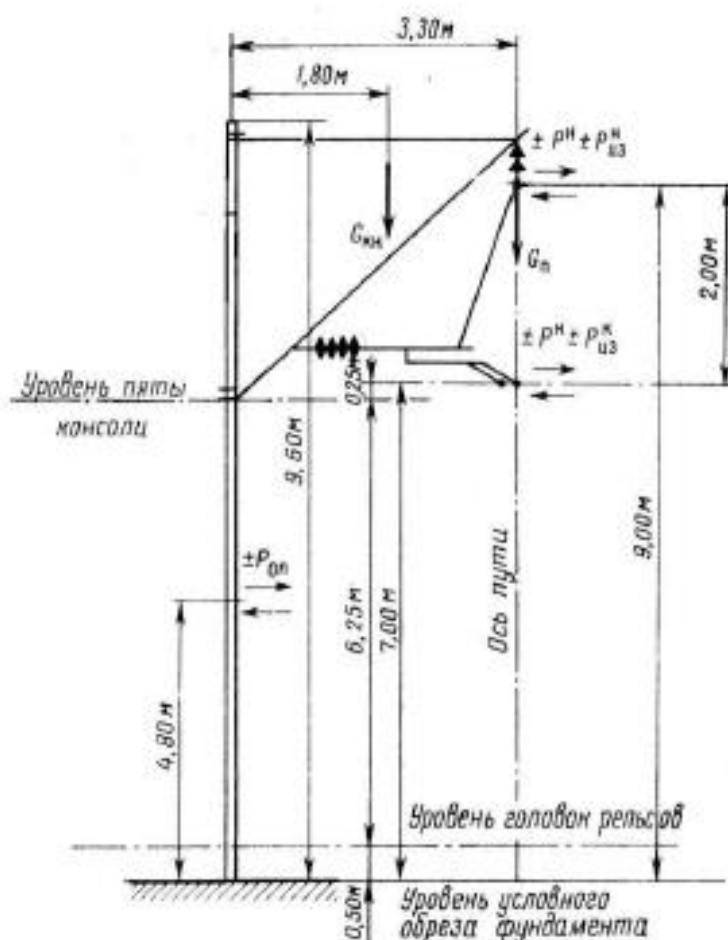


Рис 1. Расчетная схема для подбора консольной промежуточной опоры контактной сети

2. Составить таблицу погонных нагрузок, действующих на опору при различных климатических условиях (режимах) (таблица 1).

Вертикальные нагрузки от веса проводов контактной подвески: в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$G_n = g_n \cdot l, \text{ даН,}$$

где  $l$  – длина пролета (кривой участок пути), м.

в режиме гололеда с ветром:

$$G_n^r = (g_n + g_r) \cdot l, \text{ даН}$$

Вертикальные нагрузки от веса консоли с учетом части веса фиксатора. в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$G_{кн} = G'_{кн} + G_{\phi}, \text{ даН}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$G_{кнг} = G_{кн} + G_{кн}^r, \text{ даН}$$

Таблица 1

Таблица погонных нагрузок

Нагрузки	Значения нагрузок на провода контактной сети для расчетных режимов, даН/м		
	гололеда с ветром	максимального ветра	минимальной температуры
от веса: проводов контактной подвески гололеда на проводах контактной подвески		----	----
от давления ветра: на несущий трос на контактный провод			

3. Рассчитать полные нагрузки, действующие на опору, и составить таблицу 2.

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода контактной подвески.

в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$P_{нт} = p_{нт} \cdot l, \text{ даН}$$

$$P_{кн} = p_{кн} \cdot l, \text{ даН}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$P_{Гнт} = p_{Гнт} \cdot l, \text{ даН}$$

$$P_{Гкн} = p_{Гкн} \cdot l, \text{ даН}$$

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на опору контактной сети. в режиме максимального ветра:

$$P_{он} = c_x \cdot \frac{v_{\max}^2}{16} \cdot S_{он}, \text{ даН,}$$

где  $C_x=0,7$  – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления для опоры контактной сети.

$S_{он}$  - площадь диаметрального сечения опоры,  $S_{он}=3,46 \text{ м}^2$ .

в режиме гололеда с ветром:

$$P_{он} = c_x \cdot \frac{v_{\Gamma}^2}{16} \cdot S_{он}, \text{ даН}$$

Горизонтальные нагрузки от изменения направления провода на кривой рассчитывают для несущего троса и контактного провода.

для несущего троса:

в режиме максимального ветра:

$$P_{из}^T = 0,9 \cdot H_{\max} \cdot \frac{l}{R}, \text{ даН}$$

в режиме минимальной температуры:

$$P_{из}^T = H_{\max} \cdot \frac{l}{R}, \text{ даН}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$P_{из}^T = 0,85 \cdot H_{\max} \cdot \frac{l}{R}, \text{ даН}$$

для контактного провода:

$$P_{из}^K = K \cdot \frac{l}{R}, \text{ даН}$$

Натяжение контактного провода для всех режимов остаётся постоянным, т.к. его анкеровка регулируемая.

Таблица 2

Нормативные нагрузки, действующие на опору контактной сети

Расчетный режим	Нормативные нагрузки, даН						
	$G_n$	$G_{кн}$	$P_{HT}$	$P_{из}^T$	$P_{кп}$	$P_{из}^K$	$P_{оп}$
максимального ветра							
гололеда с ветром							
минимальной температуры			----		----		----

4. Рассчитать изгибающие моменты относительно условного обреза фундамента при режиме максимального ветра и гололеда с ветром.

Для опоры, расположенной на внешней стороне кривой при наиболее неблагоприятном направлении ветра (к полю):

в режиме максимального ветра:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{HT} + P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп} + P_{из}^K) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$M_0^F = G_n^F \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн}^F \cdot z_{кн} + (P_{HT}^F + P_{из}^F) \cdot h_T + (P_{кп}^F + P_{из}^F) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме минимальной температуры:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + P_{из}^T \cdot h_T + P_{из}^k \cdot h_k$$

Изгибающий момент на внутренней стороне кривой ветер к пути:

в режиме максимального ветра:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{HT} - P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп} - P_{из}^k) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$M_0^F = G_n^F \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн}^F \cdot z_{кн} + (P_{HT}^F - P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп}^F - P_{из}^k) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме минимальной температуры:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} - P_{из}^T \cdot h_T - P_{из}^k \cdot h_k$$

ветер к полю:

в режиме максимального ветра:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} - (P_{HT} - P_{из}^T) \cdot h_T - (P_{кп} - P_{из}^k) \cdot h_k - P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$M_0^F = G_n^F \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн}^F \cdot z_{кн} - (P_{HT}^F - P_{из}^T) \cdot h_T - (P_{кп}^F - P_{из}^k) \cdot h_k - P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме минимальной температуры:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + P_{из}^T \cdot h_T + P_{из}^k \cdot h_k$$

5. По наибольшему расчетному изгибающему моменту, пользуясь приложениями 1 и 2, подобрать типовую опору.

6. Сделать выводы.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Расчетная схема для подбора опоры.
4. Таблица погонных нагрузок.
5. Расчет нагрузок на подвеску.
6. Расчет полных нагрузок на опору.
7. Таблица нормативных нагрузок на опору.
8. Расчет изгибающих моментов.
9. Подбор опоры.
10. Вывод по работе.

### Основные характеристики опор контактной сети типа С, СО, СС

Обозначение несущей способности стоек	Марка стоек	Нормативный изгибающий момент	Количество проволок при диа-		Диаметр стержней, мм
			04	05	
1	С108.6-1 СО 108.6-1	44 (4,5)	32	24	10
2	С108.6-2 СО108.6-2 СС 108.6-2	59 (6,0)	48	32	12 12
3	С 108.6-3 СО108.6-3 СС108.6-3	79 (8,0)	64	48	14 12
4	С 108.7-4 СО 108.7-4 СС 108.7-4	98(10,0)	—	56	14 12
1	С136.6-1 СО13.6-1 СС136.6-1	44 (4,5)	32	24	10
2	С136.6-2 СО136.6-2 СС136.6-2	59 (6,0)	48	32	12 12
3	С136.6-3 СО136.6-3 СС136.6-3	79 (8,0)	64	48	14 12
4	С 136.7-4 СО136.7-4 СС136.7-4	98(10,0)	—	56	14 14
5	С156.6-5 СС156.6-5	49 (5,0)	32	24	12
6	С156.6-6 СС156.6-6	66 (6,7)	48	32	12
7	С156.6-7 СС156.6-7	88 (9,0)	64	48	12
8	С156.7-8 СС156.7-8	111 (11,3)	—	56	14

## Основные характеристики металлических коробчатых двухшвеллерных опор

Тип опоры	Высота опоры, м	Изгибающий момент, тм	Тип швеллера	Размер швеллера, мм	Масса, кг
МК-10	10	10	Гнутый	200x80x6	420
МК-12	12	10	Гнутый	200x80x6	490
МК-10	10	8	Гнутый	200x80x6	420
МК-12	12	8	Гнутый	200x80x6	480
МК-10	10	6	Гнутый	180x80x6	340
МК-12	12	6	Гнутый	180x80x6	390
МК-10	10	10	Прокат	180x70x5,1	440
МК-12	12	10	Прокат	180x70x5,1	500
МК-10	10	8	Прокат	180x70x5,1	430
МК-12	12	8	Прокат	180x70x5,1	500
МК-10	10	6	Прокат	160x68x5	400
МК-12	12	6	Прокат	160x68x5	470

Вывод: научились производить расчет и подбор типовых опор

### Практическое занятие № 24

Тема: Изучение конструкции дроссель-трансформатора

Цель: Изучить конструкцию дроссель-трансформатора, определить его назначение, сделать выводы.

#### Порядок выполнения занятия:

1. Ознакомиться с конструкцией дроссель-трансформатора (Приложение, рисунок 1).
2. Нарисовать электрическую схему дроссель-трансформатора (Приложение, рисунок 2).
3. Сравнить принцип действия дроссель-трансформаторов на участках постоянного и переменного токов.
4. Оформить отчет.
5. Сделать выводы.

#### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Назначение и основные элементы дроссель-трансформатора.
3. Электрическая схема дроссель-трансформатора.
4. Сравнение принципа действия дроссель-трансформаторов на участках постоянного и переменного токов.

## 5. Вывод.

Приложение

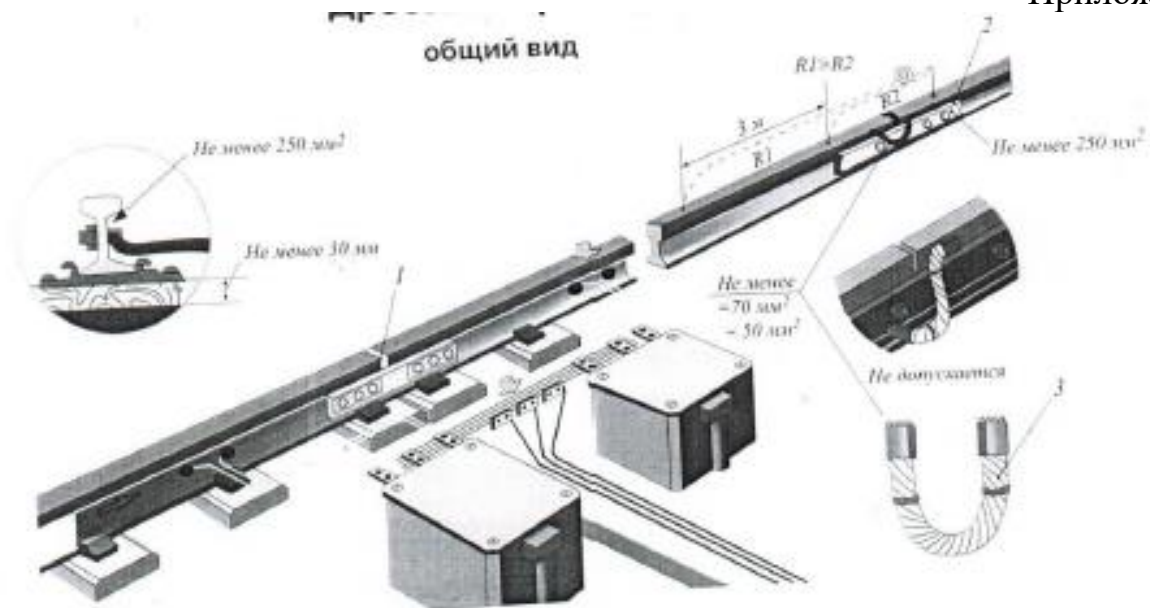


Рис 1. Дроссель-трансформатор

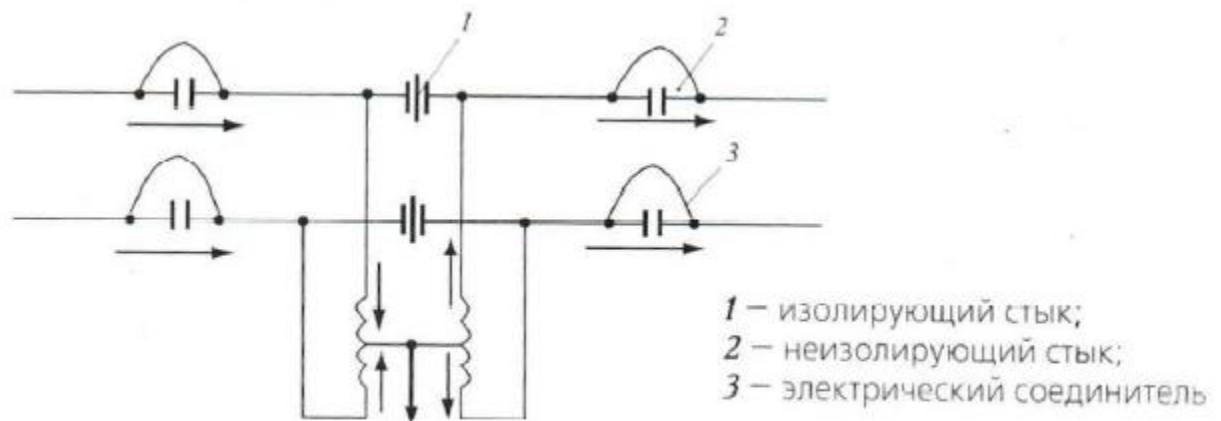


Рис 2. Электрическая схема

Вывод: изучили конструкцию дроссель-трансформатора, определить его назначение, сделать выводы.

## Практическое занятие № 25

Тема: Изучение конструкции разрядников и их подключения к контактной сети

Цель: Изучить конструкцию разрядников и их подключения к контактной сети



Оборудование и приборы: натурные образцы разрядников

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомиться с конструкциями разрядников постоянного и переменного токов. Указать основные параметры.
2. Нарисовать разрядник постоянного тока (рисунок 1).
3. Ознакомиться с конструкцией ОПН - разрядник. Указать основные параметры.
4. Нарисовать ОПН с разрядником (рисунок 2).
5. Вычертить схему установки разрядников на опорах контактной сети. Показать подключение разрядника к контактной подвеске (рисунок 3).
6. Ознакомиться с конструкцией трубчатого разрядника.
7. Нарисовать трубчатый разрядник и его расположение на опоре (рисунок 4).
8. Сделать выводы.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Основные параметры разрядников постоянного и переменного тока.
3. Эскиз разрядника постоянного тока.
4. Основные параметры конструкции ОПН-разрядник.
5. Эскиз ОПН с разрядником.
6. Схема установки разрядников на опорах контактной сети.
7. Ознакомиться с конструкцией трубчатого разрядника.
8. Эскиз трубчатого разрядника.
9. Вывод.

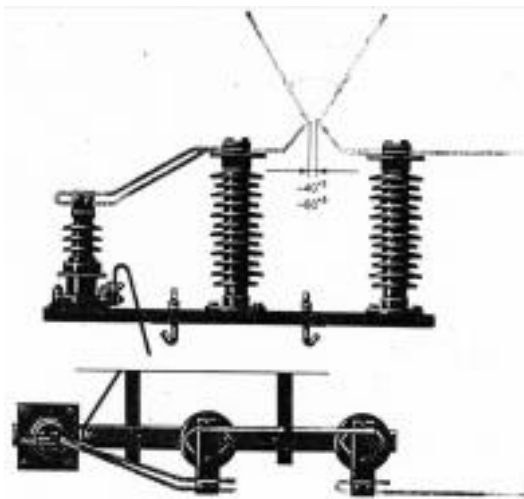
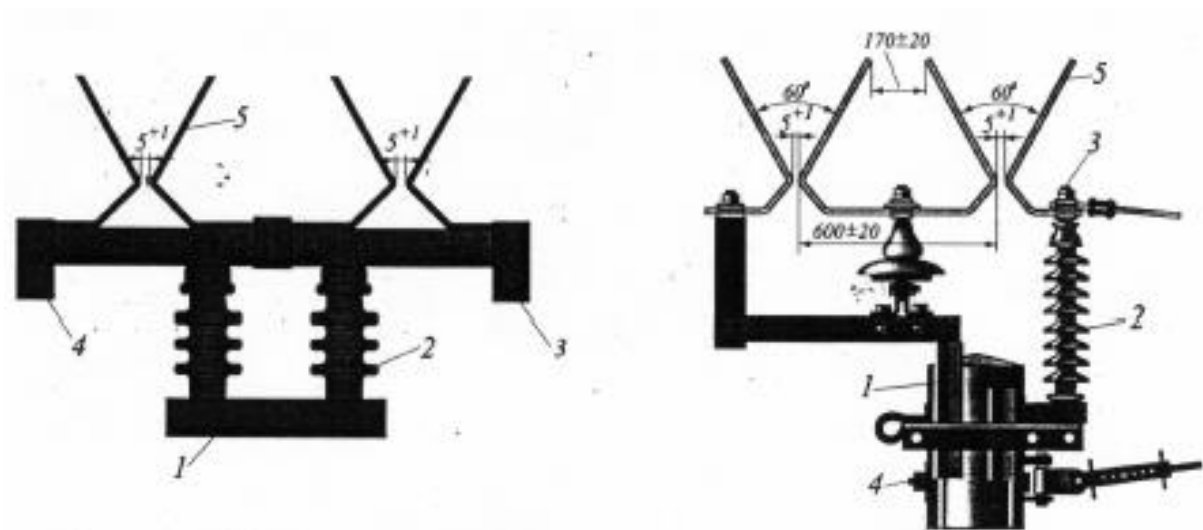


Рис 1. Разрядник постоянного тока



1 – кронштейн; 2 – изолятор; 3 – зажим для шлейера к контактному проводу; 4 – зажим для заземляющего спуска; 5 – дугогасящие рога

Рис 2. ОПН с разрядником

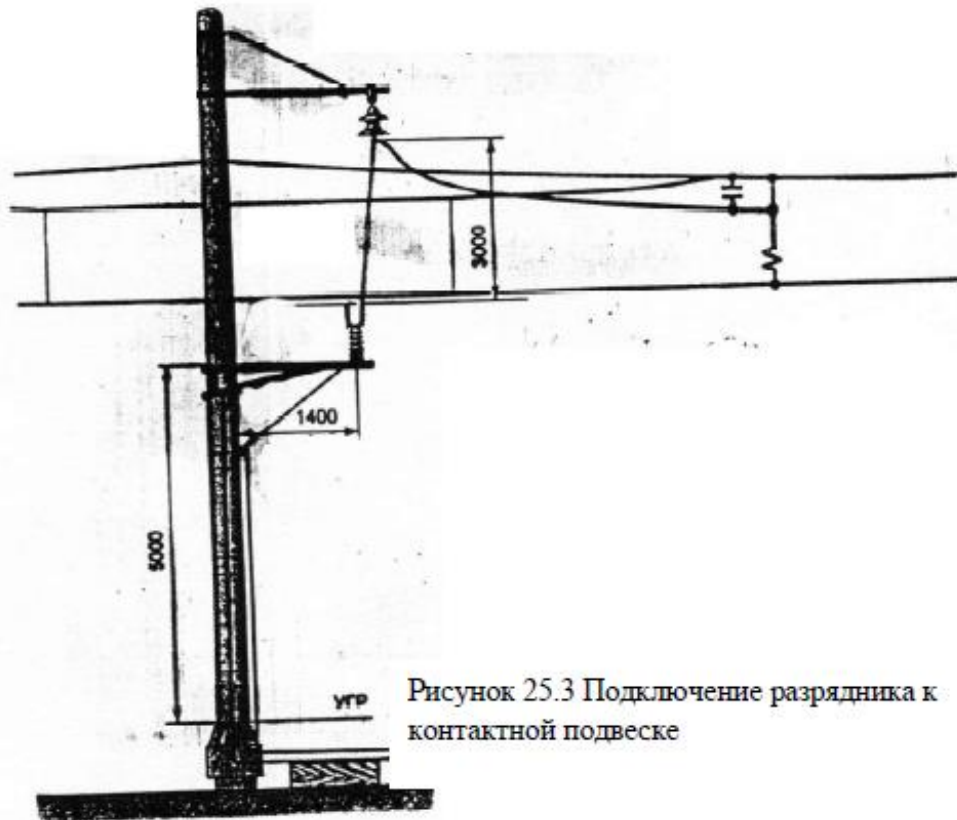


Рисунок 25.3 Подключение разрядника к контактной подвеске

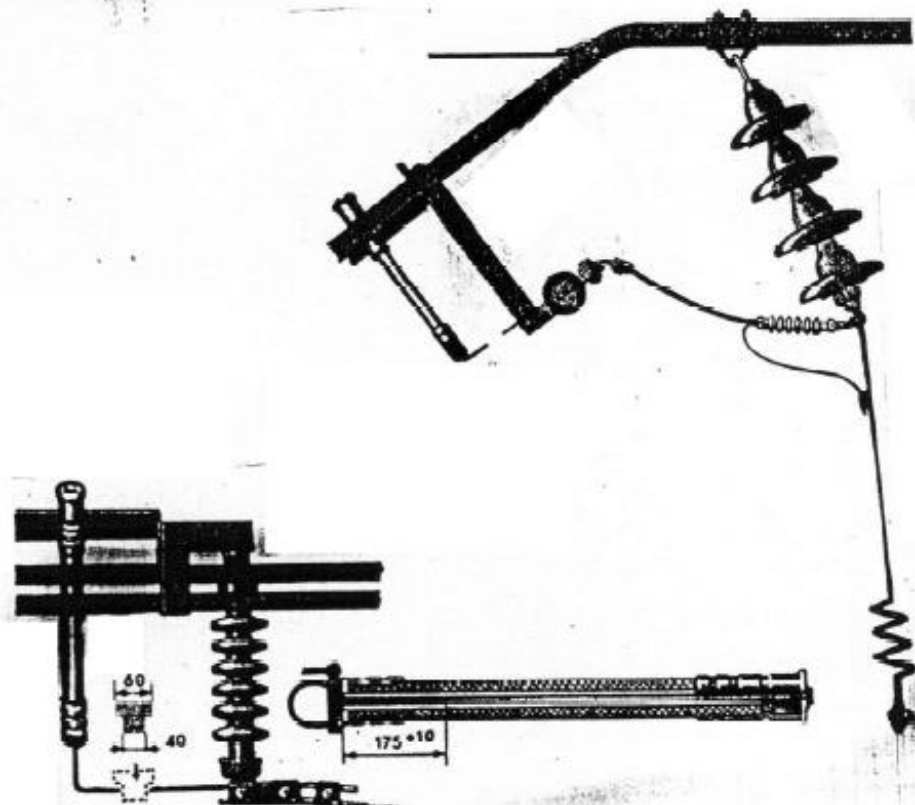


Рисунок 25.4 Разрядник трубчатый

Вывод: изучили конструкцию разрядников и их подключения к контактной сети.

Практическое занятие № 26

Тема: Изучение расположения заземлений на различных опорах контактной сети

Цель: Изучить способы установки заземлений на железобетонных и металлических опорах

Оборудование и приборы: Полигон с опорами контактной сети

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомиться с расположением заземлений на железобетонной опоре.
2. Нарисовать схему заземления на железобетонной опоре.
3. Ознакомиться с расположением заземления металлической опоры.
4. Нарисовать схему заземления металлической опоры.
5. Ознакомиться с конструкцией групповых Г - и Т-образных заземлений.
6. Нарисовать схему Г - и Т-образных заземлений.
7. Указать назначение искровых промежутков диодных заземлителей.
8. Сделать вывод.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Схема заземления на железобетонной опоре.
3. Схема заземления металлической опоры.
4. Схемы Г - и Т-образных заземлений.
5. Назначение и основные элементы конструкции искровых промежутков диодных заземлителей.
6. Вывод.

Вывод: изучили способы установки заземлений на железобетонных и металлических опорах

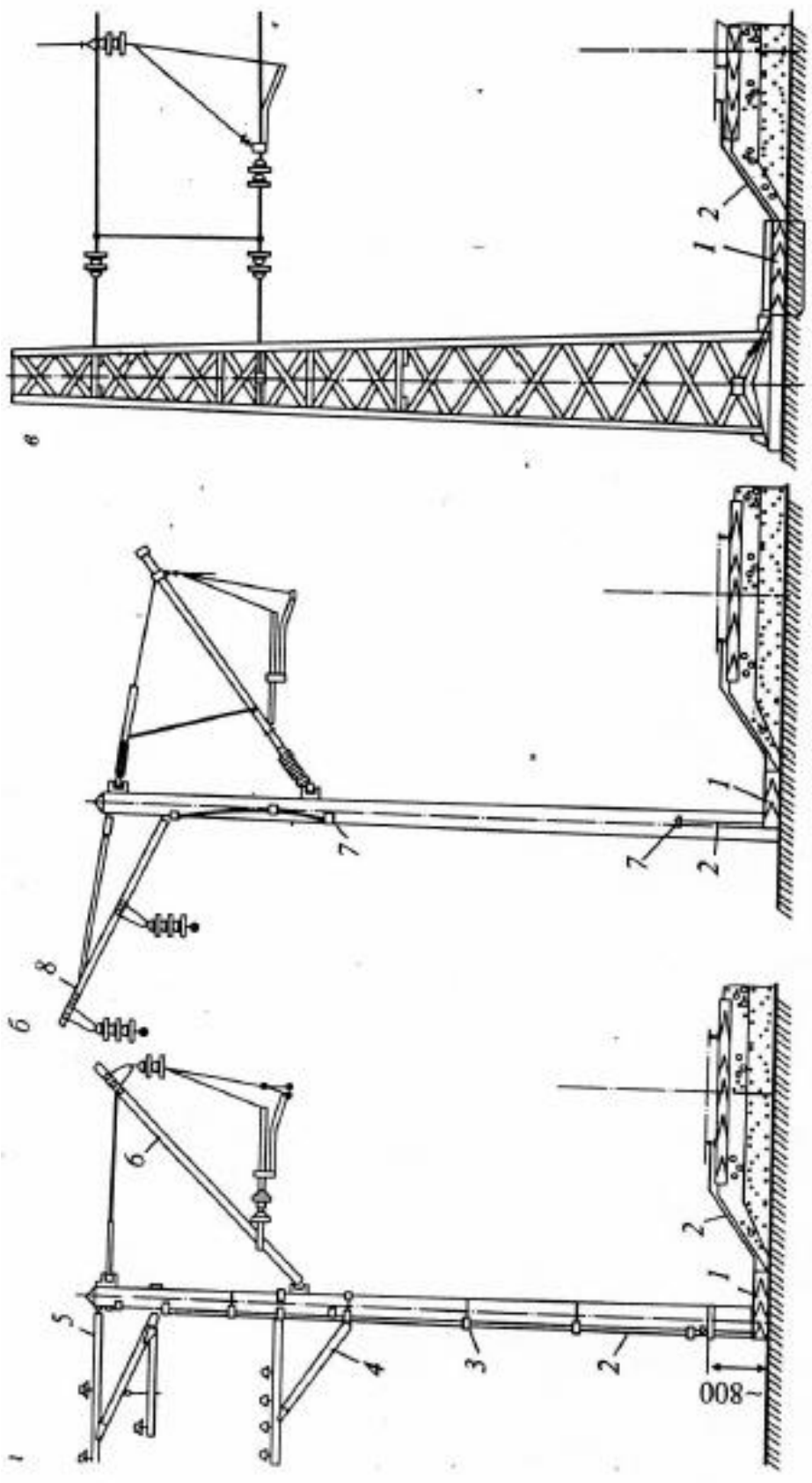


Рис. 14 Схема заземлений на железобетонной и металлической опорах: *a* — железобетонная опора при постоянном и переменном токе; *б* — железобетонная опора при переменном токе (ранее применяемая схема); *в* — металлическая опора; 1 — полушпала; 2 — заземляющий проводник; 3 — деревянная или полимерная прокладка; 4 и 5 — кронштейн для проводов ВЛ 0,4 и ВЛ 6 (10) кВ; 6 — консоль; 7 — выводы заземляющего проводника; 8 — кронштейн провода ДПР

Тема: Расчет эквивалентного и критических пролетов. Выбор исходного расчетного режима

Цель: Научиться рассчитывать эквивалентный и критический пролеты контактной подвески, определять расчетный режим

### Краткие теоретические сведения

Конечной целью механического расчета проводов в анкерном участке является определение их натяжений и стрел провеса при различных температурах для построения монтажных кривых и составления монтажных таблиц. Из теории механического расчета цепной подвески известно, что для определения значения натяжения  $T_x$  при любой температуре  $t_x$  и любой нагрузке  $q_x$  нужно знать исходное состояние – исходный расчетный режим, т.е. знать значения температуры  $t_1$ , нагрузки  $q_1$  и соответствующее им значение натяжения несущего троса  $T_1$ .

Поскольку первоначально из всех возможных натяжений несущего троса известно только его максимальное натяжение, необходимо установить, при каком из расчетных режимов для заданного типа подвески и заданных климатических условий в несущем тросе создается наибольшее натяжение. Следует принять этот режим за исходный и считать температуру и нагрузку при этом режиме с индексом 1, а натяжение – соответствующее максимальному.

Расчетный режим определяется из сравнения эквивалентной длины пролета в анкерном участке и критических пролетов в режимах: гололеда с ветром; максимального ветра.

Расчетный режим выбирают, исходя из сравнения величина эквивалентного и критических пролетов. Если  $l_э < l_{крГ}$  и  $l_э < l_{крв}$ , расчетный режим – режим минимальной температуры, что означает, что максимального значения натяжение достигает при минимальной температуре. Если  $l_э \geq l_{крв}$  и  $l_э < l_{крГ}$ , то расчетный режим – режим максимального ветра; если  $l_э \geq l_{крГ}$  и  $l_э < l_{крв}$ , то расчетный режим – режим гололеда с ветром.

При расчете кривых натяжения и стрел провеса проводов необходимо знать температуру беспровесного положения контактного провода, при котором контактный провод не будет иметь стрелы провеса. Эта температура для полукомпенсированной подвески обычно несколько ниже среднего значения температуры в заданном районе, что учитывается величиной  $t^1$  (таблица 2).

### Исходные данные

Вариант задается преподавателем по таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Исходные данные	Номер варианта (задается преподавателем)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Минимальная температура $t_{\min}$ , °С	-40	-25	-45	-	-	-	-	-25	-35	-40
Максимальная температура $t_{\max}$ , °С	30	40	35	35	30	25	35	30	25	35
Температура образования гололеда $t_r$ , °С										
Температура максимальной скорости ветра $t_v$ , °С										
Тип контактной подвески	из практических работ									
Нагрузки $g_n, g_{\max}, g_{v\max}$ , даН/м	из практических работ									
Длина анкерного участка $L_{ав}$ , м	Из монтажного плана перегона курсового проекта $l_i(l_1, l_2, l_3...)$ $n_i(n_1, n_2, n_3...)$									
Длины пролетов, м										
Количество пролетов соответствующей длины, шт.										
Расстояние от опоры до первой струны, $e$ , м	15	14	10	15	14	10	15	14	10	15

Рекомендуемые величины максимальных натяжений несущих тросов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Натяжение несущих тросов контактных подвесок

Тип подвески	Номинальное натяжение, $T_{ном}$ , даН	Максимальное натяжение, $T_{\max}$ , даН	Ориентировочные значения натяжений несущих тросов полукомпенсированной подвески.							При беспровесном положении к.п., $T_0$ , даН
			В режиме максимального ветра, $T_v$ , при температуре $t_{\min}$ , °С			В режиме гололеда с ветром, $T_r$ , при толщине корки $b_n$ , мм				
			-50	-40	-30	5	10	15	20 и более	
М-95+МФ-100	1450	1600	0,7 $T_{\max}$	0,8 $T_{\max}$	0,85 $T_{\max}$	0,8 $T_{\max}$	0,85 $T_{\max}$	0,9 $T_{\max}$	$T_{\max}$	0,75 $T_{\max}$
М-95+2МФ-100	1450	1600								
М-120+2МФ-100	1800	2000								
М-120+МФ-150	1800	2000								
М-120+2МФ-120	1800	2000								
ПБСМ-70+МФ-85	1500	1600	0,8 $T_{\max}$	0,85 $T_{\max}$	0,9 $T_{\max}$	0,75 $T_{\max}$	0,85 $T_{\max}$	0,95 $T_{\max}$	$T_{\max}$	0,8 $T_{\max}$
ПБСМ-70+МФ-100	1500	1600								
ПБСМ-95+МФ-100	1600	2000								
ПБСМ-95+2МФ-100	1800	2000								
ПБСА-50/70+МФ-85	1500	1600								
ПБСА-50/70+МФ-100	1800	2000								

Примечание: данные таблицы справедливы, если вместо контактных проводов МФ-100 применены контактные провода МФО-100, БрФ-100, НлФ-100.

Номинальное натяжение новых контактных проводов К может быть принято соответственно данным в таблице 3.

Таблица 3

Натяжения контактных проводов

Марка контактных проводов	Номинальное натяжение контактных проводов, К, даН
Одиночные:	
МФ-85, НлФ-85	850
БрФ-85	950
МФ-100, МФО-100, НлФ-100	1000
БрФ-100, БрФО-100	1300
МФ-120, НлФ-120	1200
МФ-150, НлФ-150	1500
БрФ-150, БрФО-150	1800
Двойные:	
2МФ-100, 2МФО-100, 2НлФ-100	2000
2БрФ-100, 2БрФО-100	2000
2МФ120, 2НлФ-120	2400

### Порядок выполнения занятия:

1. Определить длину эквивалентного пролета по формуле:

$$l_э = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_i^3 \cdot n_i}{L_{ав}}},$$

где  $l_i$  – действительные длины пролётов в анкерном участке, м.

$n_i$  – число пролетов длиной  $l_i$  в анкерном участке, шт.

$L_{ав}$  – длина анкерного участка.

2. Определить длины критических пролётов:

в режиме гололеда с ветром:

$$l_{крГ} = T_{max} \cdot \sqrt{\frac{24\alpha \cdot (t_{Г} - t_{min})}{q_{Гmax}^2 - g_n^2}},$$

где  $T_{max}$  – максимальнодопустимое натяжение несущего троса;

$\alpha$  – коэффициент температурного линейного расширения материала несущего троса;

в режиме максимального ветра:



$$l_{крс} = T_{\max} \cdot \sqrt{\frac{24\alpha \cdot (t_v - t_{\min})}{q_{v\max}^2 - g_n^2}}$$

3. Выбрать расчетный режим.
4. Определить температуру беспровесного положения контактного провода:

$$T_0 = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} - t^1,$$

где  $t^1$  - величина, зависящая от типа и количества контактных проводов (таблица 4).

Таблица 4

Значение величины  $t^1$ , 0С для определения температуры беспровесного положения контактного провода.

Тип контактного провода	Значение величины $t^1$ , 0С
Для одиночных контактных проводов, сечением 85-100 мм <sup>2</sup>	15
Для одиночных контактных проводов, сечением 150 мм <sup>2</sup>	10 – 15
Для двойных контактных проводов	5 – 10

5. Сделать вывод.

#### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Определение длины эквивалентного пролета.
3. Определение длины критических пролетов.
4. Выбор расчетного режима.
5. Вывод.

Вывод: научились рассчитывать эквивалентный и критический пролеты контактной подвески, определять расчетный режим

Тема: Механический расчет натяжения нагруженного несущего троса в зависимости от температуры

Цель: Научиться рассчитывать изменение натяжений нагруженного контактным проводом несущего троса в зависимости от температуры, строить монтажную кривую натяжения несущего троса

### Исходные данные

данные для расчётов взять из практического занятия № 27.

### Порядок выполнения занятия:

1. Определить натяжение нагруженного несущего троса в зависимости от температуры:

$$t_x = \left( t_1 - \frac{g_1^2 \cdot l_3^2}{24\alpha \cdot T_1^2} + \frac{T_1}{\alpha ES} \right) + \frac{g_x^2 \cdot l_3^2}{24\alpha \cdot T_x^2} - \frac{T_x}{\alpha ES},$$

где  $t_1 = t_{\min}$ ;  $T_1 = T_{\max}$ ;  $g_1 = g_x = g_{\text{п}}$ ;

$E$  – модуль упругости материала, МПа (из Приложения 1);

$S$  - сечение провода, мм (из Приложения 1);

2. Определить постоянные коэффициенты для расчёта:

$$A = t_1 - \frac{g_1^2 \cdot l_3^2}{24\alpha \cdot T_1^2} + \frac{T_1}{\alpha ES};$$

$$B = \frac{g_x^2 \cdot l_3^2}{24\alpha};$$

$$C = \alpha ES$$

3. Уравнение состояния нагруженного троса принимает вид:

$$t_x = A + \frac{B}{T_x^2} - \frac{T_x}{C}.$$

4. Далее, подставляя в формулу значения натяжений  $T_x$  с интервалом примерно 100 – 200 даН от  $T_{\max}$  до  $T_x$  – натяжения, которому будет соответствовать температура, примерно равная максимальному значению температуры  $t_{\max}$  (по заданию), найти температуру, соответствующую этим натяжениям. Результаты расчётов занести в таблицу 1.

Таблица 1

Изменение натяжений несущего троса в зависимости от температуры

$t_x$ , даН	$T_{max}$	$T_{max}-200$	$T_{max}-400$	$T_{max}-600$	$T_{max} \dots$
$T_x$ , °С	$t_{min}$	---	---	---	$\approx t_{max}$

Если все постоянные коэффициенты для расчёта посчитаны правильно, то при максимальном натяжении должна получиться минимальная температура.

5. Построить кривую зависимости натяжения от температуры.

По данным таблицы на миллиметровой бумаге строят *монтажную кривую* натяжения несущего троса, по горизонтали откладывают значение температуры в масштабе: 1см = 10°С, по вертикали – значение натяжения несущего троса в масштабе: 1см = 100даН. Ось отмечают в нулевом значении температуры.

6. Определить натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода.

Величину натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода  $T_0$  определяют по монтажной кривой натяжения несущего троса, взяв величину  $t_0$  из практической работы № 27.

7. Сделать вывод.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Расчет натяжения несущего троса.
3. Монтажная кривая.
4. Вывод.

Марка про- вода	Площадь расчетного сечения провода $S_p$ , мм <sup>2</sup>	Высота сечения $H$ , мм, или диаметр $d$ , мм	Ши- рина сече- ния $A$ , мм	Линейная нагрузка от веса провода $g$ , Н/м	$24\alpha \cdot 10^{-6}$ , 1/°C	$\alpha ES$ , Н/°C	Разрушаю- щая нагруз- ка при рас- тяжении проводов $R$ , кН
1	2	3	4	5	6	7	8
ПБСА-50/70	117	14,0	–	6,8	330	24,13	48,0
ПБСМ-70	69,9	11,0	–	6,1	319	13,82	48,7
ПБСМ-95	90,6	12,5	–	7,8	319	17,93	62,9
М-35	34,6	7,5	–	3,11	408	–	35,3
М-70	67,7	10,7	–	6,12	408	–	37,0
М-95	92,5	12,6	–	8,4	408	17,38	33,5
М-120	117,0	14,0	–	10,6	408	21,98	41,06
МФ-85	85	10,8	11,76	7,6	408	18,78	31,3
МФ-100	100	11,8	12,8	8,9	408	22,10	36,26
МФО-100	100	10,5	14,92	8,9	408	22,10	36,26
МФ-120	120	12,9	13,9	10,7	408	22,10	42,9
МФ-150	150	14,5	15,5	13,4	408	33,15	53,0
БрМгФ-85	85	10,8	11,76	7,6	408	18,78	35,8
БрМгФ-100	100	11,8	12,8	8,9	408	22,10	41,16
БрМгФ-120	120	12,9	13,9	8,9	408	26,6	49,6
БрФ-150	150	14,5	15,5	13,4	408	33,3	59,0
НлОлФ-85	85	10,8	11,76	7,6	408	18,78	32,1
НлОлФ-100	100	11,8	12,8	8,9	408	22,10	37,73
НлОлФО-100	100	10,5	14,92	8,9	408	22,10	37,73
НлОлФ-120	120	12,9	13,9	10,7	408	22,10	44,6

1	2	3	4	5	6	7	8
НлОлФ-150	150	14,5	15,5	13,4	408	33,3	54,4
А-150	148	15,8	–	4,1	552	18,23	23,2
А-185	183	17,5	–	5,0	552	22,54	28,68
АС-35	А36,9/С6,2	8,4	–	1,5	461	5,80	12,74
АС-50	А48,2/С8,0	9,6	–	1,9	461	7,58	16,32
АС-70	А68,0/С11,3	11,4	–	2,7	461	10,68	22,98
АС-95	А95,0/С16	13,5	–	3,8	461	14,9	31,85
АС-185	А181/С34,9	18,8	–	7,3	461	–	62,06
СИП-3 (SAX) 135	А35	11,5	–	1,6	552	5,1	11,2
СИП-3 (SAX) 150	А 50	12,6	–	2,39	552	7,2	14,2
СИП-3 (SAX) 170	А 70	14,3	–	3,04	552	10,1	20,6
СИП-3(SAX) 195	А 95	16,0	–	3,83	552	13,7	27,9
БСМ4	12,6	4,0	–	1,0	319	2,96	2,8
БСМ6	28,3	6,0	–	2,3	319	6,63	2,8
МГ-16	15,8	6,0	–	1,45	408	–	3,4
МГ-70	68,6	12,6	–	6,3	408	12,89	14,7
МГ-95	94	14,3	–	8,6	408	17,66	17,8
С-70	72,6	11,1	–	6,23	288	16,48	91,35

Вывод: научились рассчитывать изменение натяжений нагруженного контактным проводом несущего троса в зависимости от температуры, строить монтажную кривую натяжения несущего троса.

### Практическое занятие № 29

Тема: Расчет стрел провеса несущего троса и контактного провода в полукомпенсированной контактной подвеске

Цель: Научиться рассчитывать стрелы провеса несущего троса и контактного провода в реальных пролётах анкерного участка, научиться строить монтажные кривые стрел провеса проводов

#### Исходные данные

данные для расчётов взять из практических работ № 27 и 28.

## Порядок выполнения занятия:

1. Определить стрелы провеса нагруженного несущего троса. Стрелы провеса нагруженного контактным проводом несущего троса  $F_x$  для каждого из заданных действительных пролетов, входящих в анкерный участок, определяют по формуле:

$$F_x = \frac{(g_x + g_0 \cdot \frac{K}{T_0}) \cdot (l - 2 \cdot e)^2}{8 \cdot (T_x + K)} + \frac{(g_x \cdot l - g_{Tx} \cdot e) \cdot e}{2 \cdot T_x},$$

где  $g_x$ - вертикальная нагрузка на несущий трос от веса всех проводов контактной подвески, соответствующая расчетным условиям, даН/м;

$g_0$  - вертикальная нагрузка на несущий трос от веса всех проводов контактной подвески, при беспровесном положении контактного провода, даН/м;

$g_{Tx}$  - нагрузка от веса несущего троса при расчетных условиях, даН/м;

$T_x$  - натяжение несущего троса, соответствующее расчетной температуре;

$e$  - расстояние от опоры до первой простой струны, таблица 27.1 из практической работы 27.

$$g_x = g_0 = g_n$$

где  $g_n$ - собственный вес контактной подвески.

$$g_{Tx} = g_{HT}$$

Допустим, что:

$$M = \frac{(g_x + g_0 \cdot \frac{K}{T_0}) \cdot (l - 2 \cdot e)^2}{8}$$

$$N = \frac{(g_x \cdot l - g_{Tx} \cdot e) \cdot e}{2},$$

Тогда формула стрелы провеса несущего троса примет вид:

$$F_x = \frac{M}{T_x + K} + \frac{N}{T_x}.$$

Подставляя значения  $T_x$  из таблицы 1, произвести расчёты.

Результаты расчетов свести в таблицу 1, по данным расчетов построить монтажные кривые на миллиметровой бумаге.

2. Определить стрелы провеса контактного провода в пролете  $l_1, l_2$ .

Расчёт стрелы провеса контактного провода для действительного пролёта произвести по формуле:

$$f_{\text{кx}} = \frac{g_0 \cdot (l - 2e)^2 \cdot (T_0 - T_x)}{8 \cdot T_0 \cdot (T_x + K)}$$

Определить постоянный коэффициент для расчёта, соответствующий определённой длине пролёта  $l$ :

$$z = \frac{g_0 \cdot (l - 2e)^2}{8 \cdot T_0}$$

Тогда формула стрелы провеса контактного провода примет вид:

$$f_{\text{кx}} = z \cdot \frac{(T_0 - T_x)}{(T_x + K)}$$

Подставляя значения  $T_x$  из таблицы 1, произвести расчёты.

При беспровесном положении контактного провода  $f_{\text{кx}} = 0$ .

Результаты расчетов свести в таблицу 1.

Построить монтажные кривые: по горизонтальной оси отложить значение температуры в прежнем масштабе, по вертикальной оси – значение стрелы провеса контактного провода в масштабе: 1 см = 0.01 м.

3. Определить изменение высоты расположения контактного провода у опоры контактной сети в пролете  $2e$ .

Расчет изменения высоты расположения контактного провода в пролёте  $2e$  производят по формуле:

$$\Delta h_{\text{ex}} = \frac{e \cdot (g_0 \cdot l - g_{\text{HT}} \cdot e)}{2} \cdot \left( \frac{1}{T_x} - \frac{1}{T_0} \right)$$

Результаты расчетов свести в таблицу 1.

По результатам расчётов построить монтажные кривые, масштаб выбрать такой же, как и для предыдущей кривой.

Таблица 1

Монтажная таблица

$T_x, ^\circ\text{C}$	$T_x, \text{даН}$	$l_1$			$l_2$		
		$F_{\text{X,М}}$	$f_{\text{кx,М}}$	$\Delta h_{\text{ex, М}}$	$F_{\text{X,М}}$	$f_{\text{кx,М}}$	$\Delta h_{\text{ex, М}}$
$t_{\text{min}}$							
...							
$t_0$							
...							
...							
...							
$t_{\text{max}}$							

4. Сделать выводы.

**Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Расчет стрелы провеса несущего троса.
3. Расчет стрелы провеса контактного провода.
4. Расчет изменения высоты расположения контактного провода.
5. Монтажная таблица.
6. Монтажные кривые.
7. Вывод.

Вывод: научились рассчитывать стрелы провеса несущего троса и контактного провода в реальных пролётах анкерного участка, научиться строить монтажные кривые стрел провеса проводов

### **Практическое занятие № 30**

Тема: Расчет изменений провеса проводов компенсированной подвески при дополнительных нагрузках

Цель: Научиться рассчитывать изменение провеса проводов компенсированной контактной подвески при дополнительных нагрузках

#### **Исходные данные:**

$g_x$  – вертикальная нагрузка на несущий трос от собственного веса с гололедом;

$g_{тх}$  - нагрузка от веса несущего троса;

$e$  – расстояние от опоры до первой нерессорной струны;

$s$  – струновой пролет;

$K$  – натяжение контактного провода;

$g'_к$  - 0,89 – нагрузка от веса 1 м контактного провода;

$f_k$ - стрела провеса контактного провода в пролете  $l_k$ .

Для расчета принять:

Длину пролета контактной подвески равной 60 м.

Расстояния в пролете между струнами принять от "0", 10 м, 18 м, 26 м, 34 м, 42 м, до "0".

Данные для расчета выдаются преподавателем.

#### **Порядок выполнения занятия:**

1. Определить стрелу провеса контактного провода по формуле:

$$f_k = \frac{g' \cdot l^2}{8K}$$

2. Определить провес несущего троса в точках крепления струн по формуле:



$$y_{\text{КХ}} = \frac{4f_{\text{К}} \cdot (x - e) \cdot (l - x - e)}{(l + 2e)^2}$$

3. Произвести расчет изменения провесов проводов в точках крепления струн.

4. Построить кривую зависимости провеса проводов компенсированной контактной подвески.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Исходные данные.
3. Расчет провеса контактного провода.
4. Кривая провеса проводов контактной подвески.
5. Вывод.

Вывод: научились рассчитывать изменение провеса проводов компенсированной контактной подвески при дополнительных нагрузках

### Практическое занятие № 31

Тема: Выполнение монтажного плана контактной сети станции

Цель: Изучить основные нормы и правила выполнения контактной сети станции



Рис 1. Схемы фиксации одиночных воздушных стрелок



Рис 2. Фиксация воздушных стрелок на плане контактной сети станции (а, б).  
 в) – допустимый вариант анкеровки контактной подвески после стрелки.  
 г) – недопустимый вариант анкеровки контактной подвески после стрелки.

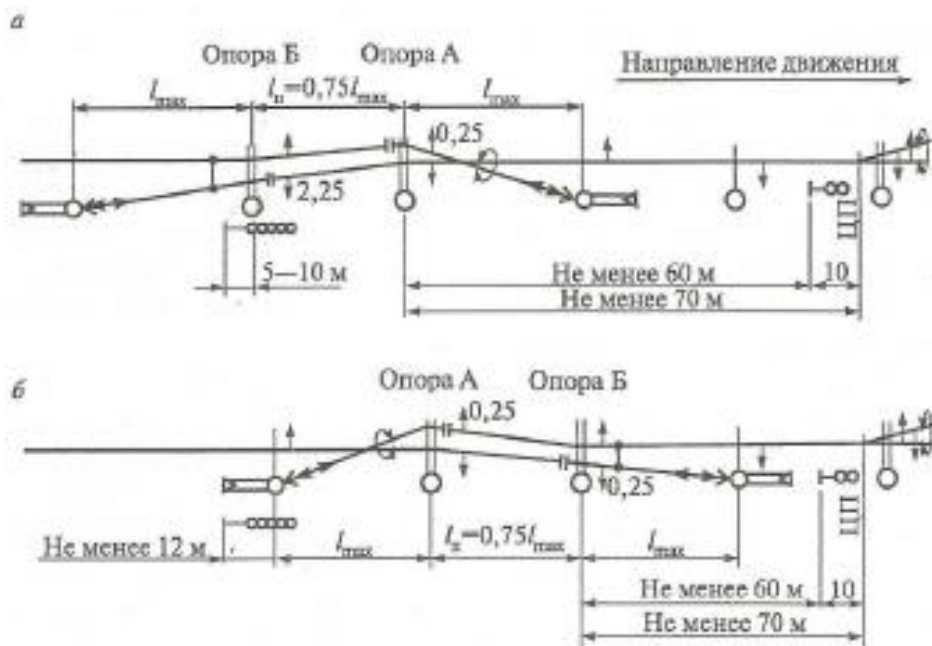


Рис 3. Варианты размещения трехпролетных изолирующих сопряжений

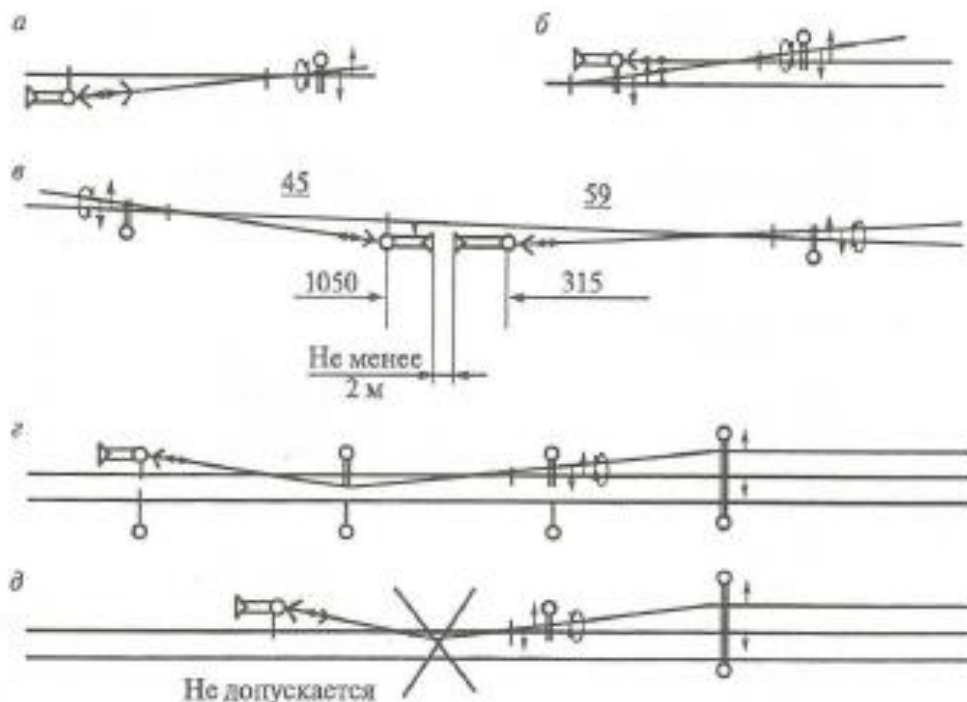


Рис 4. Схемы анкерки контактных подвесок на опорах после воздушных стрелок:

*а, б* – после одиночных воздушных стрелок; *в* – после двух соседних стрелок на отдельных опорах; *г* – разнесенная на пролет и зафиксированная на опоре анкеровка с изменением направления; *д* – анкеровка подвески с незафиксированным изменением направления (не допускается).

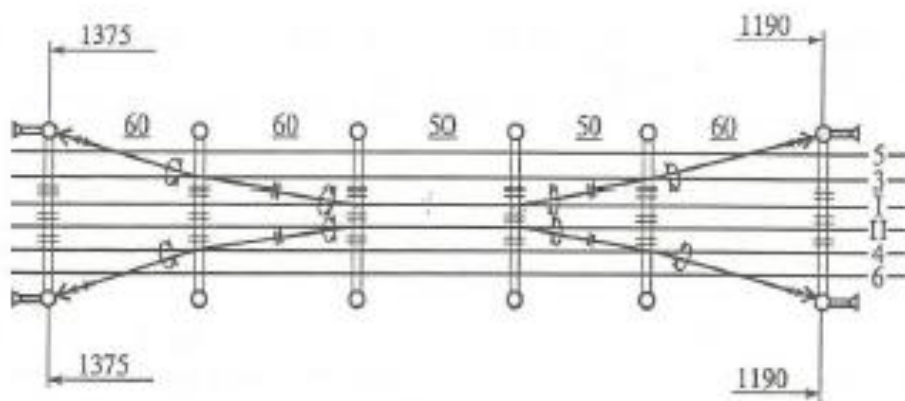


Рис 5. Схема анкерки контактных подвесок неизоллирующих сопряжений анкерных участков на главных путях в середине станции

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить расположение одиночных воздушных стрелок на главных путях и выполнить схему по образцу рисунка 1.
2. Изучить расположение воздушных стрелок на второстепенных путях станции и выполнить схему по образцам рисунка 2.

3. Изучить варианты размещения трехпролетных изолирующих сопряжений и выполнить схему по образцам рисунка 3.

4. Изучить схемы анкерровок контактных подвесок на опорах после воздушных стрелок и выполнить схему по образцам рисунка 4.

5. Изучить схемы анкерровок контактных подвесок неизолирующих сопряжений анкерных участков на главных путях в середине станции и выполнить схему по образцу рисунка 5.

6. Сделать выводы.

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Схемы фиксации одиночных воздушных стрелок с пояснениями.
3. Схема фиксации воздушных стрелок на плане контактной сети станции с пояснениями.
4. Схемы размещения трехпролетных изолирующих сопряжений с пояснениями.
5. Схемы анкерровки контактных подвесок на опорах после воздушных стрелок с пояснениями.
6. Схема анкерровки контактных подвесок неизолирующих сопряжений анкерных участков на главных путях в середине станции с пояснениями.

Вывод: изучили основные нормы и правила выполнения контактной сети станции

### Практическое занятие № 32

Тема: Выполнение монтажного плана контактной сети перегона

Цель: Изучить основные нормы и правила выполнения контактной сети перегона

#### Исходные данные

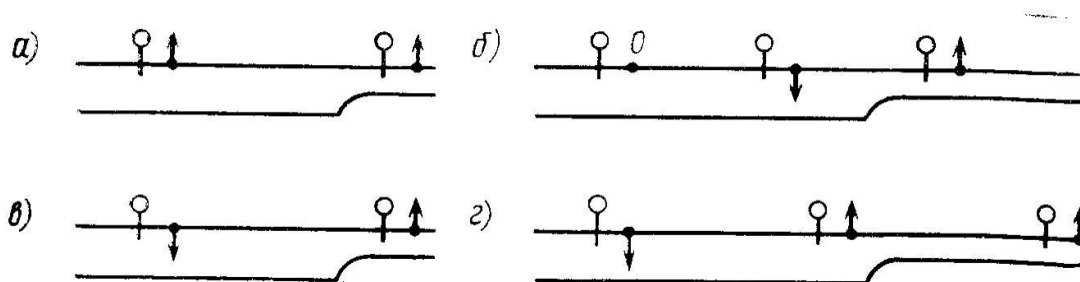


Рис 1. Схема расстановки опор на границе прямых и кривых участков пути:

- а) место перехода с прямого участка пути в кривую зигзаг провода у опоры, установленной на прямом участке пути, может оказаться не увязанным с зигзагом провода у опоры, установленной на кривой;
- б) пролет, частично расположенный на кривой, чтобы можно было у одной из этих опор разместить контактный провод над осью пути (с нулевым зигзагом), а у смежной с ней опоры сделать зигзаг контактного провода в нужную сторону;
- в) зигзаги контактного провода у опор расположены в разных сторонах при большей части пролета, которая расположена на прямом участке пути;
- г) зигзаги контактного провода у опор расположены в одну сторону при большей части пролета, которая расположена на кривом участке пути.

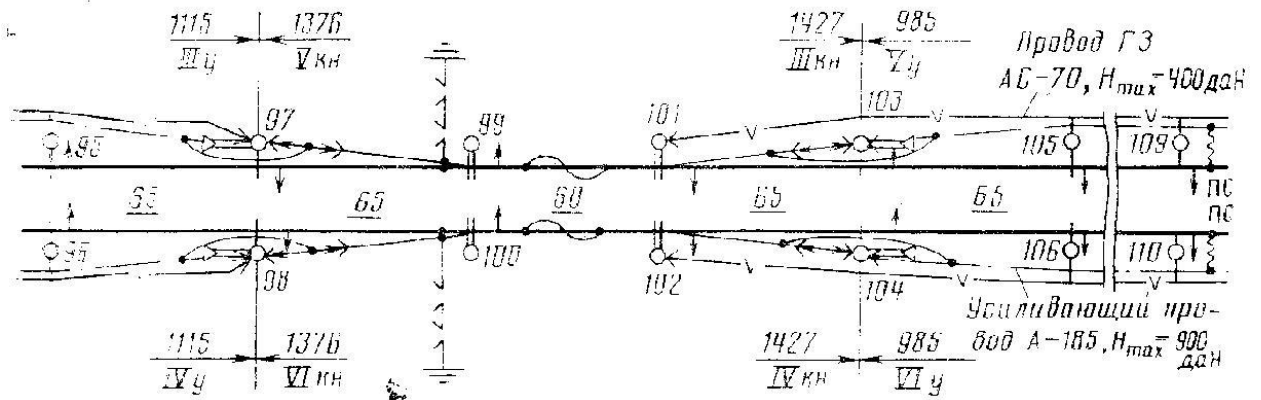


Рис 2. Элементы плана контактной сети перегона

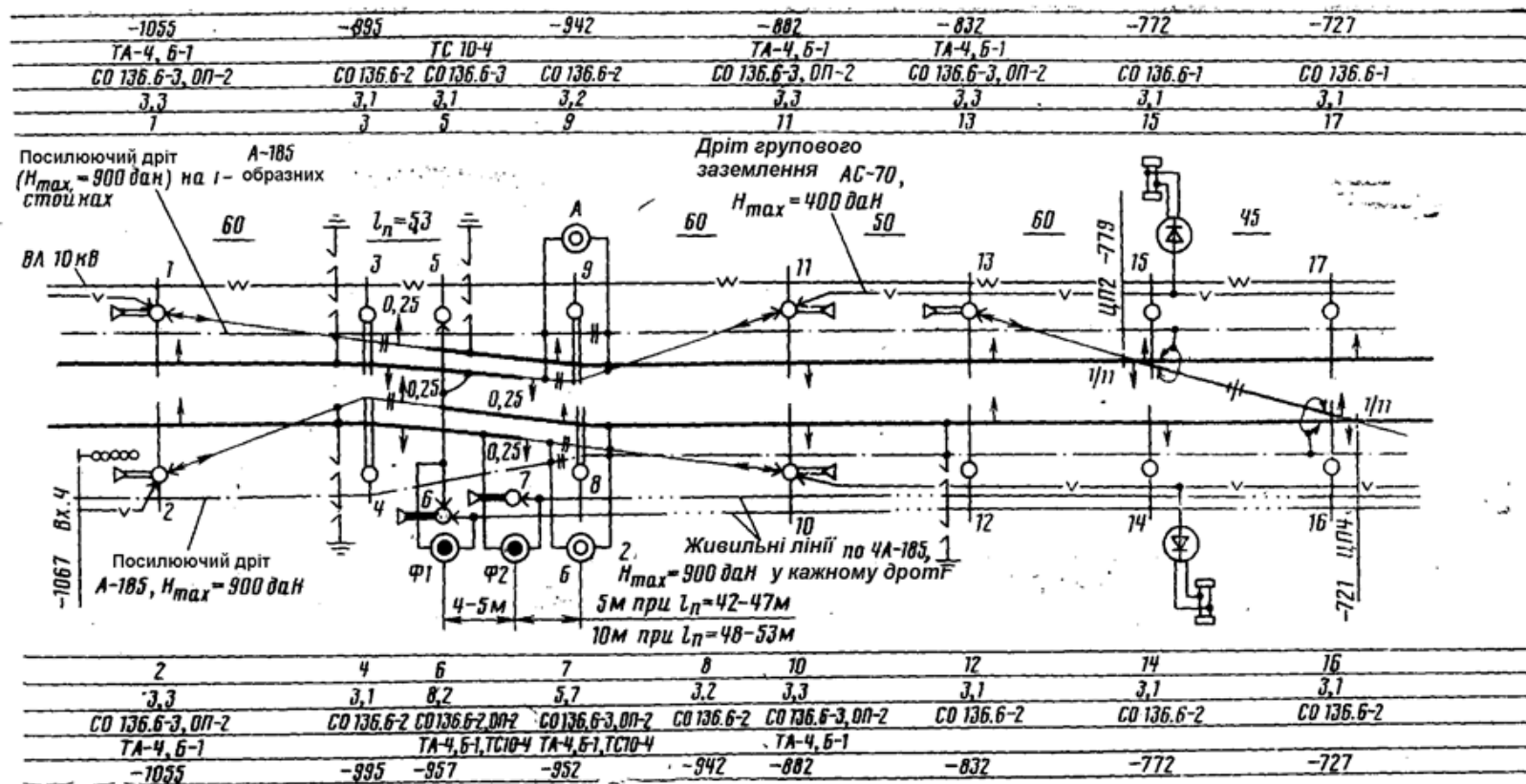


Рисунок 3. Схема трассировки контактной сети на плане перегона

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить расстановку опор на границе прямых и кривых участков пути и выполнить схему по образцам рисунка 1.
2. Изучить элементы плана контактной сети перегона выполнить схему по образцу рисунка 2.
3. Изучить вариант трассировки контактной сети на плане перегона и выполнить схему по образцу рисунка 3.
4. Сделать выводы.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Схема расстановки опор на границе прямых и кривых участков пути с пояснениями.
3. Элементы плана контактной сети перегона с пояснениями.
4. Схема трассировки контактной сети на плане перегона с пояснениями.

Вывод: изучили основные нормы и правила выполнения контактной сети перегона

### **Практическое занятие № 33**

Тема: Составление сметы затрат на производство работ

Цель: Научиться составлять смету затрат на производство работ

#### **Исходные данные**

Выдаются преподавателем из монтажных планов контактной сети. Данные сметной стоимости отдельных видов работ приведены в Приложении 1.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Определить количество (объем) работ.
2. Установить единицы измерения для каждой работы.
3. Установить стоимость единиц каждой работы.
4. Определить стоимость объема работ.
5. Вычертить таблицу работ и сметной стоимости по образцу таблицы 1.

Таблица 1

## Объем работ и сметная стоимость

Наименование	Единицы измерения	Количество	Сметная стоимость	
			единицы	общая

6. Сделать вывод.

## Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Заполненная таблица по объемам работы и сметной стоимости.

## Приложение 1

Определение сметной стоимости строительных и монтажных работ, материалов и оборудования контактной сети по перегону

Наименование работ или затрат	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, руб.	
			единицы	общая
1	2	3	4	5
<i>1. Строительные работы</i>				
Установка опор железобетонных одиночных раздельных и фундаментов методом вибропогружения на перегоне	шт.	110	3916	430 760
Установка опор железобетонных одиночных раздельных и фундаментов закапыванием на перегоне	шт.	39	4198	163 722
Установка анкеров железобетонных с оттяжками вибропогружением	шт.	32	2975	95 200
Установка анкеров железобетонных с оттяжками закапыванием	шт.	3	2798	8394
Установка поперечин жестких на опоры одиночные перекрывающие пути в количестве до 4	шт.	4	4141	16 564
Устройство изоляции опор железобетонных от металлических частей контактной сети	шт.	149	143	21 307
Стоимость железобетонных опор:				
СС 104.6-2	шт.	101	3360	339 360
СС 104.6-3	шт.	46	3360	154 560
СС 136.6-3	шт.	2	4710	9420
Стоимость железобетонных фундаментов:				
ТС 4.0-2; 3	шт.	101	2360	238 360
ТС 4.5-3	шт.	40	2530	101 200
ТС 5.0-3	шт.	8	2650	21 200
Стоимость анкера ТА 4.0	шт.	32	1830	58 560



1	2	3	4	5
Стоимость анкера ТА 4.5	шт.	3	1940	5820
Стоимость оттяжек БО-1	шт.	19	2880	54 720
Стоимость оттяжек БО-2	шт.	2	5020	10 040
Стоимость оттяжек БКО-2	шт.	14	5560	77 840
Стоимость поперечин жестких, оголовков, опорных столиков	т	3,42	25 590	87 518
Знаки нумерации опор	шт.	149	108	16 092
<b>Итого прямые затраты по строительным работам</b>				<b>190 0597</b>
<i>2. Монтажные работы</i>				
Раскатка несущего троса	км	10,14	25 009	253 591
Раскатка двойного контактного провода	км	10,14	2776	28 149
Регулировка контактной подвески с двойным контактным проводом цепной эластичной компенсированной	км	9,1	112 763	1 026 143
Подвеска под пешеходными мостами	проход	2	5782	11 564
Проверка параметров контактной подвески и доведение их до норм после вытяжки новых проводов	км	9,1	4016	36 546
Монтаж на контактной подвеске устройств для плавки гололеда	км	9,1	3785	34443
Монтаж анкерówki односторонней несущего троса или контактного провода:				
жесткой	шт.	4	2097	8388
компенсированной	шт.	30	3680	110 400
Монтаж анкерówki средней компенсированной цепной подвески	шт.	8	4224	33 792
Сопряжение анкерных участков с двойным контактным проводом:				
трехпролетное без секционирования сети	шт.	6	39 990	239 940
трехпролетное с секционированием сети	шт.	2	53 241	106 482
Монтаж устройств защиты от пережога контактной сети	шт.	4	2946	11 784

1	2	3	4	5
Изоляция металлических конструкций от поверхности железобетонных опор	км	9,1	11 109	101 092
Армирование консольными стойками жестких поперечин, перекрывающих два пути	шт.	4	2946	11 784
Установка консолей неизолированных массой до 75 кг	шт.	127	592	75 184
То же массой 76—150 кг	шт.	38	740	28 120
Установка на опорах хомутов крепления консолей	шт.	282	269	75 858
Заземление опоры железобетонной	шт.	149	818	121 882
Заземление поперечины жесткой	шт.	4	817	3268
Установка на опорах предупреждающих знаков высокого напряжения	шт.	149	31	4619
Монтаж дополнительных проводов:				
одного провода неизолированного на подвесных изоляторах, усиливающего	км	8,52	45 670	389 108
одного провода неизолированного на подвесных изоляторах, ВЛ АБ-10кВ	км	3,97	45 670	181 310
каждого следующего провода сверх одного	км	7,94	23 573	187 170
одного провода изолированного самонесущего типа СИП-3 на штыревых изоляторах	км	11,93	59 455	709 298
Анкеровка односторонняя:				
одного провода усиливающего на подвесных изоляторах	шт.	8	3167	25 336
одного провода ВЛ на подвесных изоляторах	шт.	8	3167	25 336
каждого следующего провода ВЛ на подвесных изоляторах	шт.	16	1966	31 456
Установка стоек (надставок) на опоре или жесткой поперечине	шт.	146	620	90 520
Установка на опорах хомутов крепления кронштейнов	шт.	152	269	40 888
Монтаж разъединителя секционного	шт.	3	13 490	40 470
Монтаж ограничителя перенапряжения	шт.	18	8747	157 446

1	2	3	4	5
<i>3. Материалы</i>				
Провод:				
НлОл0,04Ф-100	км	20,28	66 101	1 340 528
М-120	км	10,14	81 167	823 033
М-95	км	1,01	65 237	65 889
ПБСМ-70	км	0,29	57 054	16 546
ПБСМ-95	км	1,0	65 813	65 813
А-185	км	8,78	30 577	268 466
АС-35	км	12,27	7758	95 191
Проволока биметаллическая БСМ 4	км	9,48	7918	75 063
Проволока биметаллическая БСМ 6	км	3,12	17 422	54 357
Провод самонесущий СИП-3 (тип SAХ) 1×50	км	12,29	25 548	313 984
Стойка консольная для промежуточных консолей	шт.	8	6580	52 640
Компенсатор блочно-полиспастный КБП-3-30	шт.	30	6659	199 770
Тросовый успокоитель грузов	шт.	30	1227	36 810
Кронштейн успокоителя грузов	шт.	30	1763	52 890
Груз компенсаторный чугунный	шт.	846	685	579 510
Консоли неизолированные швеллерные ( $60,1 \times 119 + 77,3 \times 12 + 72,3 \times 14 + 82,7 \times 12 + 35,6 \times 8$ ) · 1000 = 11,113 т	т	11,113	27 830	281 445
Хомут крепления консолей	шт.	282	645	181 890
Кронштейны для подвески проводов ( $34,3 \times 2 + 46 \times 2 + 39,3 \times 39 + 44,8 \times 33 + 36,4 \times 76$ ) : 1000 = 5,023 т	т	5,023	33 970	170 625
Хомут крепления кронштейнов	шт.	152	176	26 752
Стойки, надставки ( $37 \text{ кг} \times 138 + 86,9 \text{ кг} \times 8$ ) : 1000 = 5,8 т	т	5,80	29 960	173 768
Знак предупреждающий высокого напряжения	шт.	149	85	12665
<b>Итого прямые затраты по монтажным работам</b>	руб.			<b>9063671</b>
<b>Итого прямые затраты по строительно-монтажным работам</b>	руб.			<b>10964268</b>

1	2	3	4	5
В том числе фонд оплаты труда рабочих, монтажников и машинистов (10 964 268 × 5 %)	руб.			(548 213)
Накладные расходы — 110 % × 0,94 от фонда оплаты труда (548 213 × 110 % × 0,94)	руб.			566 853
Сметная прибыль — 65 % от фонда оплаты труда (548 213 × 65 %)	руб.			356 338
<b>Итого по сметной стоимости строительно-монтажных работ</b> (10 964 268+548 213+356 838)	руб.			<b>11 887 459</b>
<i>4. Оборудование</i>				
Разъединитель РКМ 3,3-4000	шт.	2	24 390	48 780
Разъединитель РЛНД 10/400	шт.	1	3680	3680
Ограничитель перенапряжения ОПН-3,3	шт.	18	2960	53 280
Привод моторный УМП-II	шт.	3	7590	22 770
Изоляторы:				
ПСФ 70-3/0,5-05	шт.	324	780	252 720
ФСФ 100-3/0,6	шт.	158	1045	165 110
С4-195-1	шт.	36	695	25 020
НСК 120-3/0,6	шт.	114	372	42 408
ПС 70Е	шт.	348	130	45 240
ШФ 20-УО	шт.	232	139	32 248
Устройство защиты от пережогов	шт.	4	11 250	45 000
<b>Итого по оборудованию</b>	руб.			<b>736 256</b>
Затраты на транспортные и заготовительно-складские расходы — 6 % (736256 × 6 %)	руб.			44 175
<b>Итого по сметной стоимости оборудования</b>	руб.			<b>780 431</b>
<b>Всего по смете в базисном уровне цен 2000 г.</b>	тыс. руб.			<b>12 667,93</b>
В том числе:				
строительно-монтажные работы	тыс. руб.			11 887,459
оборудование	тыс. руб.			780,43

1	2	3	4	5
Расчетный измеритель:				
на 1 км электрифицируемых путей (12 747,27; 9,1 км)	тыс. руб.			1306,32
на 1 км развернутой длины контактной сети(12 747,27 ; 10,14 км)	тыс. руб.			1172,34

Вывод: научились составлять смету затрат на производство работ

### Практическое занятие № 34

Тема: Оформление приказов и уведомлений в оперативном журнале

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение навыков по оформлению форм действующей внутренней оперативной документации в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД»

Оборудование и приборы:

мультимедийный проектор и электронные материалы.

#### Исходные данные:

Вариант с производственной ситуацией – выдается преподавателем.

#### Порядок выполнения занятия:

1. Ознакомление с методическими рекомендациями по оформлению и заполнению формы первичного учёта ЭУ-82.
2. Оформление титульного листа «Оперативного журнала» (Приложение 1.1).
3. Заполнение оперативного журнала (Приложение 1.2).
4. Ответы на контрольные вопросы

#### Контрольные вопросы

1. Какая дата записывается в графе №2 «Дата»?
2. Что указывается в графе №3 «Время (час. мин.)» при выдаче приказа на работу или переключении коммутационных аппаратов? Что должно быть указано в графе №4 «кому или от кого» при выдаче приказа на работу, на подготовку места работы?
3. В соответствии с чем делается запись в графе №5 «Содержание приказа, уведомления или заявки»?
4. Чья фамилия вносится в графу №6? Чья подпись должна быть в графе №7?
5. После чего ставится время в графе №8? Что должно быть указано в

графе №9 «Отметка об исполнении»?

**Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Заполненный в соответствии с индивидуальным заданием бланк  
Оперативного журнала.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Дорога \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Цех \_\_\_\_\_  
Ведется на дежурных пунктах диспетчерской электроснабжения

Форма ЭУ-82 0361836  
Утверждена ОАО «РЖД» в 2004 г.

## ОПЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ

Начат «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Окончен «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.





## **Практическое занятие № 35**

Тема: Оформление неисправностей в книге осмотров и неисправностей

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение практических навыков по оформлению и заполнению действующих внутренних форм первичной документации по учёту технического состояния, обслуживания и ремонта технических средств в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД» в соответствии с существующими требованиями

Оборудование и приборы:

мультимедийный проектор и электронные материалы.

### **Исходные данные**

Вариант с производственной ситуацией – выдается преподавателем.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с методическими рекомендациями по оформлению и заполнению «Книги осмотров и неисправностей» форма ЭУ-83.
2. Оформление титульного листа «Книга осмотров и неисправностей», Приложение 2.1.
3. Заполнение «Книги осмотров и неисправностей», Приложения 2.2., 2.3.
4. Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие сокращения допускается использовать при внесении записей в графу «Описание обнаруженных неисправностей, отметка о необходимости выдачи предупреждения и краткое описание выполненных работ»? Чья подпись должна быть в графе «Подпись лица, обнаружившего неисправность»?
2. В каком формате записывается дата и какое время указывается в графе «Дата и время установления неисправности и отмена предупреждения»?
3. Какие сведения регистрируются в графе «Примечание»?
4. Как заполняются незаполненные пропущенные строки? Сколько незаполненных строк допускается оставлять между записями?
5. В каком виде должны быть выполнены записи? Что запрещено использовать при заполнении «Книги осмотров и неисправностей»?

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.

3. Заполненный в соответствии с индивидуальным заданием бланк Книги осмотров и неисправностей.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Дорога \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Цех \_\_\_\_\_

Форма ЭУ-83 0361837  
Утверждена ОАО «РЖД» в 2004 г.

Ведется руководителем линейного подразделения

## К Н И Г А ОСМОТРОВ И НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Начата «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Окончена «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.





## **Практическое занятие № 36**

Тема: Оформление записей в книге металлических и железобетонных опор

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение практических навыков по оформлению и заполнению действующих внутренних форм первичной документации по учёту технического состояния, обслуживания и ремонта технических средств в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД» в соответствии с существующими требованиями.

Оборудование и приборы:  
мультимедийный проектор и электронные материалы.

### **Исходные данные**

Вариант с производственной ситуацией – выдается преподавателем.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с методическими рекомендациями по оформлению и заполнению внутренней формы первичного учёта ЭУ-87: инструкция по оформлению и порядку заполнения «Книги металлических и железобетонных опор».
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Оформление титульного листа «Книга металлических и железобетонных опор» (Приложение 3.1).
4. Заполнение двух страниц формы ЭУ-87 (Приложения 3.2, 3.3).

### **Контрольные вопросы**

1. В каком виде следует вносить данные в графу «Номера дефектов и их размеры»?
2. Что следует писать в графе «Вид ремонта»?
3. Какие данные вносятся в графу «Отметка о замене опоры или фундамента»?
4. Как заполняются незаполненные пропущенные строки? Сколько незаполненных строк допускается оставлять?
5. В каком виде должна быть выполнена запись? Что необходимо предпринять в случае занесения ошибочной записи? Что запрещено использовать при заполнении «Книги металлических и железобетонных опор»?

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Заполненный в соответствии с индивидуальным заданием бланк Книги металлических и железобетонных опор.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Дорога \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Цех \_\_\_\_\_

Форма ЭУ-87 0361840  
Утверждена ОАО «РЖД» в 2004г.

**Книга**  
**металлических и железобетонных опор**

\_\_\_\_\_ района контактной сети







## **Практическое занятие № 37**

Тема: Составление ведомости учета выполненных работ

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение практических навыков по оформлению и заполнению действующих внутренних форм первичной документации по учёту технического состояния, обслуживания и ремонта технических средств в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД» в соответствии с существующими требованиями

Оборудование и приборы:

мультимедийный проектор и электронные материалы.

### **Исходные данные**

Вариант с производственной ситуацией – выдается преподавателем.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями по оформлению и порядку заполнения внутренней формы первичного учёта выполненных работ ЭУ-99: методические рекомендации по заполнению формы первичной документации. «Ведомость учёта выполненных работ».
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Оформление и заполнение бланка формы ЭУ-99 (приложение 4.1, 4.2).

### **Контрольные вопросы**

1. Как определяется значение «Всего по плану» в таблице 2? Что следует указывать в графах 1-5 таблицы 3?
2. Как определяется значение графы 6 таблицы 3?
3. Каков порядок заполнения ведомости учёта выполненных работ после завершения отчётного периода? Какие цифры следует указывать в графах 7-8 и какие сведения заносятся в графу 9 таблицы 3?
4. Какие цифры следует указывать в графе «Нормированное время на фактически выполненный объём работ» таблицы 3?
5. Как определяется значение граф «Выполнение эксплуатационного плана» и «Выполнение эксплуатационного плана с учётом всех выполненных работ» таблица 2?

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Заполненный в соответствии с индивидуальным заданием бланк



## Практическое занятие № 38

Тема: Составление графика планово-предупредительных работ

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение практических навыков по оформлению и заполнению действующих внутренних форм первичной документации по учёту технического состояния, обслуживания и ремонта технических средств в хозяйстве электроснабжения ОАО «РЖД» в соответствии с существующими требованиями.

Оборудование и приборы:

мультимедийный проектор и электронные материалы.

### Исходные данные

Вариант с производственной ситуацией – выдается преподавателем.

### Порядок выполнения занятия:

1. Ознакомление с требованиями по оформлению и порядку заполнения внутренней формы первичной документации планирования и учёта выполнения работ ЭУ-132: Инструктивные указания о порядке заполнения формы первичного учёта ЭУ-132 «Календарный план технического обслуживания и ремонта устройств электрификации и электроснабжения» и «Методики планирования и учёта выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту в хозяйстве электрификации и электроснабжения».

2. Подготовка бланков: титульный лист формы ЭУ-132 «Календарный план технического обслуживания и ремонта устройств электрификации и электроснабжения» (приложение 5.1) и проект календарного плана (приложения 5.2 – 5.4).

3. Ответы на контрольные вопросы

4. Оформление и заполнение подготовленных бланков (приложение 5.1, приложения 5.2 – 5.4)

### Контрольные вопросы

1. Как заполняется столбец «Год ввода в эксплуатацию». Что указывается в столбце «Периодичность выполнения работ по СТО РЖД 01.12.001-2007»?
2. Что приводится в столбце «Измеритель»? Что указывается в столбце «Количество измерителей (всего)»?
3. Что указывается в столбцах «Периодичность выполнения работ факт.» и «Подразделение - исполнитель». Как заполняется столбец «Дата последнего выполнения»?
4. Какое значение указывается в столбце «Норма времени на измеритель, чел. час»? Что указывается в столбце «Обоснование норм времени»?

5. Какие значения указываются в столбцах «Всего за год план (количество)» и «Всего за год план (норма времени на плановый период чел.ч)»

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Заполненный в соответствии с индивидуальным заданием бланк Календарного плана технического обслуживания и ремонта.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Форма ЭУ-132 365814  
Утверждена  
распоряжением ОАО "РЖД"  
от 22 декабря 2011 г. № 2764р.

СОГЛАСОВАНО:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_ г.

УТВЕРЖДАЮ:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Календарный план  
технического обслуживания и ремонта  
устройств электрификации и электроснабжения  
на 201\_\_год**

по \_\_\_\_\_

- \_\_\_\_\_ дистанции электроснабжения
- структурного подразделения \_\_\_\_\_ дирекции инфраструктуры
  - структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры
  - филиала ОАО "РЖД"





I. Текущий ремонт									
Ремонт и регулировка контактного оборудования		2/200	1 человек			1 раз в год			
Ремонт устройств прокатки контактного провода		2/200	1 человек			по результатам плановых обследований			
Проверка системных, ремонт и регулировка рейсовых устройств, устройств управления, устройств управления и контроля тяговых двигателей		2/200	1 человек			1 раз в год	10		
и системы управления		2/200	1 человек			1 раз в год	10		
II. Капитальный ремонт									
Замена изоляционной части		2/200	1 человек			по результатам плановых обследований			
Замена контактного провода		2/200	1 человек			по результатам плановых обследований			
Парасекционные контакторы		2/200	1 человек			по результатам плановых обследований	10		
III. Дневные работы, зима, лето, учебно-наладочные									
4.1 Дневные работы зима		3/200	10			1 раз в год	80	№ 12/02	
4.2 Дневные работы лето		3/200	10			1 раз в год	80	№ 12/02	
4.3 Проверка работоспособности изоляторов и контактов		3/200	10			1 раз в год	80	№ 12/02	
4.4 Проверка работоспособности устройств ПТЭ и ПТЭ		3/200	10			1 раз в год	80	№ 12/02	
IV. Внеплановые аварийные и внеплановые-эксплуатационные работы									
5.1 Работа на месте работы			1 чел-ч	по факту		экстренно	по факту	№ 12/02	по факту
5.2 Работа на территории и окрестности путей железной дороги			1 человек	по факту		по факту	по факту	№ 12/02	100
Итого по текущим работам в плане:									
V. Внеплановые аварийные работы									
Итого внеплановые аварийные работы:									
Итого внеплановые аварийные работы:									
VI. Эксплуатационные работы									
Итого эксплуатационные работы:									
VII. Обеспечение работ других служб									
Обеспечение работ железнодорожной службой «РЖД»		1 чел-ч				по плану работы служб	по факту	№ 12/02	по факту
Обеспечение работ железнодорожной службой «РЖД»		1 чел-ч				по факту работы	по факту	№ 12/02	по факту
Итого по плану обеспечения работ других служб:									
Итого по плану:									

## Практическое занятие № 39

Тема: Составление акта о повреждении контактной сети

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение первоначальных практических навыков по составлению и оформлению справочно-информационной документации

Оборудование и приборы:  
мультимедийный проектор и электронные материалы.

### Исходные данные

Вариант с производственной ситуацией – выдается преподавателем.

### Порядок выполнения занятия:

1. Ознакомление с Положением по учёту, расследованию и проведению анализа случаев отказов в работе технических средств ОАО «РЖД» и методикой расследования, учёта и анализа случаев нарушения нормальной работы технических средств хозяйства электроснабжения железных дорог Российской Федерации (ЦЭ-19).

2. Ответы на контрольные вопросы.

3. Составление акта о повреждении контактной сети, заполнение бланка формы ЭУ-93 (приложение 6.1)

### **Контрольные вопросы**

1. В каких случаях необходимо приложение к акту о повреждении контактной сети схем и эскизов?
2. Оперативное отнесение ответственности за отказы в работе технических средств.
3. Что такое спорный случай? Что он предусматривает?
4. Анализ отказов в работе технических средств на уровне дистанции электроснабжения.
5. Анализ отказов в работе технических средств системы тягового электроснабжения на уровне УРБ и службы Э.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Заполненный в соответствии с индивидуальным заданием бланк Акта о повреждении контактной сети.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Дорога \_\_\_\_\_  
 Предприятие \_\_\_\_\_  
 Цех \_\_\_\_\_

Форма ЭУ-93 0361843  
 Утверждена ОАО «РЖД» в 2004 г.

**АКТ № \_\_\_\_\_**

**о повреждении контактной сети**

1. Дата и время повреждения « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. « \_\_\_\_ » час. « \_\_\_\_ » мин.
2. Название перегона или станции \_\_\_\_\_  
 км и номер путей \_\_\_\_\_
3. Метеорологическая обстановка: температура \_\_\_\_\_ скорость ветра \_\_\_\_\_  
 Направление ветра по отношению к ж.д. линии \_\_\_\_\_, гололёд (диаметр мм) \_\_\_\_\_,  
 прочие метеорологические данные \_\_\_\_\_
4. Краткая характеристика повреждения \_\_\_\_\_
5. Подвижной состав, при прохождении которого произошло повреждение, номер поезда и тип  
 локомотива, характер повреждения подвижного состава \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
6. Время сообщения о повреждении \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.
7. Время выезда на повреждение \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.
8. Время начала восстановительных работ \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.  
 Время окончания восстановительных работ \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.  
 Время подачи напряжения \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.
9. Продолжительность перерыва в движении поездов по:
  - I пути \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.
  - II пути \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин.
10. Задержки поездов (количество): \_\_\_\_\_ пассажирских,  
 \_\_\_\_\_ пригородных,  
 \_\_\_\_\_ грузовых,  
 Сорвана передача вагонов \_\_\_\_\_ вагонов.
11. Выдано предупреждение \_\_\_\_\_
12. Подробное описание повреждения контактной сети (с приложением схем и эскизов, указани-  
 ем причин, срока службы, системы напряжения (3кВ, 2х25кВ, 25кВ с экранирующим  
 проводом) и т.д.), содержание восстановительных работ \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

13. Какие восстановительные средства были использованы при ликвидации повреждения:

---

---

---

14. Количество лиц, принимавших участие в восстановительных работах \_\_\_\_\_

15. Затраты рабочего времени на восстановление:

в чел-ч \_\_\_\_\_

16. Сумма понесенных убытков \_\_\_\_\_ руб.

Дата составления акта « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Начальник \_\_\_\_\_ района контактной сети \_\_\_\_\_

Руководитель восстановительных работ \_\_\_\_\_

#### Результаты расследования

1. Причины повреждения \_\_\_\_\_

2. Виновные лица (или организация, которой предъявлено возмещение ущерба) \_\_\_\_\_

---

---

3. Меры взыскания к виновным лицам \_\_\_\_\_

---

---

4. Технические мероприятия, принятые для предупреждения подобных повреждений \_\_\_\_\_

---

---

5. Квалификация нарушения \_\_\_\_\_

---

---

Дата окончания расследования « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Лица, проводившие расследование: \_\_\_\_\_

Заключение УРБ

---

---

Заклучение Э

---

## **Практическое занятие № 40**

Тема: Верховой осмотр контактной подвески

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний по условиям и последовательности технологического процесса при верховом осмотре контактной подвески; применение знаний технических требований и норм, предъявляемых к устройствам контактной сети

Оборудование и приборы:

Натурный макет контактной подвески в кабинете контактной сети.

### **Краткие теоретические сведения**

Верховой осмотр контактной подвески производится в соответствии с технологической картой № 1.1.6 «Верховое обследование контактной сети» и Правилами.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями технологической карты.
2. Осмотр макета контактной подвески.
3. Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. На что обращают внимание при верховом осмотре контактной подвески?
2. Что определяют и проверяют при осмотре?
3. Укажите состав исполнителей.
4. Действия персонала при выявлении повреждений и неисправностей, угрожающих безопасности движения поездов.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Результаты осмотра макета контактной подвески.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

## **Практическое занятие № 41**

Тема: Осмотр электротяговой рельсовой цепи

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний по условиям и последовательности технологического процесса при осмотре электротяговой рельсовой цепи; применение знаний технических требований и норм, предъявляемых к устройствам контактной сети

Оборудование и приборы:

Электротяговая рельсовая цепь учебного полигона.

### **Краткие теоретические сведения**

Осмотр электротяговой рельсовой цепи производится в соответствии с технологической картой № 1.1.10 «Осмотр электротяговой рельсовой цепи» и Правилами.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями технологической карты и правилами содержания контактной сети.
2. Осмотр электротяговой рельсовой цепи на полигоне.
3. Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Минимальная площадь контакта в месте приварки стыковых электросоединителей.
2. Площадь сечения междупутных электросоединителей при переменном токе.
3. Из каких материалов допускается изготавливать стыковые и междурельсовые электрические соединители?
4. Площадь сечения стыковых электросоединителей неизолированных стыков при переменном токе.
5. В чём заключается правильность подключения к рельсовой цепи отсасывающего фидера тяговой подстанции?

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Результаты осмотра натурального образца электротяговой рельсовой цепи.
4. Ответы на контрольные вопросы.

## 5. Вывод.

### **Практическое занятие № 42**

Тема: Измерение зигзагов контактного провода с изолированной съёмной вышки

Цель: закрепление полученных теоретических знаний по условиям и последовательности технологического процесса при измерении зигзагов контактного провода с изолирующей съёмной вышки, применение знаний технических требований и норм, предъявляемых к устройствам контактной сети

Оборудование и приборы:

Натурные образцы контактной подвески на полигоне (с пониженной высотой опор и укороченной изолирующей съёмной вышкой), измерительная рейка с крепительными деталями, измерительный угольник деревянный.

### **Краткие теоретические сведения**

Измерение зигзагов контактного провода с изолирующей съёмной вышки производится в соответствии с технологической картой № 1.2.2 «Измерение зигзагов, выносов и высоты подвеса контактного провода со съёмной изолирующей вышки» и Правилами.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями технологической карты и правилами содержания контактной сети.
2. Измерение зигзагов контактного провода с изолирующей съёмной вышки ручным измерительным инструментом.
3. Ответы на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1. Условия выполнения работ при измерении зигзагов контактного провода с изолирующей съёмной вышки.
2. Механизмы, приборы, монтажные приспособления, инструменты, защитные средства и сигнальные принадлежности, используемые для работ.
3. Нормативный зигзаг контактного провода на прямых участках пути. Допустимые отклонения от норм.
4. Допустимый вынос контактного провода

## **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Результаты замеров.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

## **Практическое занятие № 43**

Тема: Измерение габарита опор

Цель: закрепление полученных теоретических знаний по условиям и последовательности технологического процесса при измерении габарита опор; применение знаний технических требований и норм, предъявляемых к устройствам контактной сети

Оборудование и приборы:

Опоры контактной сети и рельсовые пути учебного полигона, рулетка неметаллическая длиной 10 м.

### **Краткие теоретические сведения**

Измерение габаритов опор производится в соответствии с технологической картой № 1.2.10 «Измерение габаритов опор» и Правилами.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями технологической карты и правилами содержания контактной сети.
2. Измерение габаритов опор на учебном полигоне.
3. Ответы на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1. Максимально допустимое отклонение габарита опор контактной сети от проектного положения при их установке в сторону увеличения на прямом участке пути.
2. Нормативный габарит от оси пути до внутреннего края фундамента или опоры контактной сети на перегонах и станциях.
3. Минимально допустимый габарит от оси крайнего пути до внутреннего края опор контактной сети или их фундамента на участках железных дорог до их обновления и реконструкции и в особо трудных условиях, кроме снегозаносимых выемок, на перегонах.
4. Максимально допустимое отклонение габарита опор от проектного



положения при их установке на кривых участках пути.

5. Допустимое отклонение габарита опор от оси крайнего пути до внутреннего края фундамента или опоры контактной сети при новом строительстве, обновлении и реконструкции контактной сети на участках, где предусматривается скорость движения поездов 161-200 км/ч.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Результаты замеров.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

### **Практическое занятие № 44**

Тема: Измерение износа контактного провода ручным измерительным инструментом

Цель: закрепление полученных теоретических знаний по условиям и последовательности технологического процесса при измерении износа контактного провода ручным мерительным инструментом; применение знаний технических требований и норм, предъявляемых к устройствам контактной сети

Оборудование и приборы:

Контактная сеть и съемная изолирующая вышка учебного полигона, универсальный микрометр.

### **Краткие теоретические сведения**

Измерение износа контактного провода ручным мерительным инструментом производится в соответствии с технологической картой № 1.2.11 и Правилами. Регистрация измерений производится в соответствии с Приложением № 2 ПУТЭКС. Характеристика мест замера обозначается следующим образом: V – средняя анкеровка, ПС – питающий зажим, СТ – стыковой зажим, ШТ – шунт.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями технологической карты и Правилами содержания контактной сети.
2. Измерение износа контактного провода.
3. Регистрация результатов измерений в «Книге состояния контактного

провода» (форма ЭУ-85); (приложение 7.1).

4. Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Цель контроля состояния контактного провода.
2. Как проводится контроль состояния и измерения износа контактного провода ручным способом на отходящих ветвях сопряжений анкерных участков?
3. Предельный местный износ для различных типов и марок контактного провода.
4. Допустимая погрешность приборов и инструментов для измерения износа контактного провода ручным способом.
5. Последовательность измерений и особенность регистрации полученных данных при двух контактных проводах и при шахматном расположении струн.

### **Содержание отчета:**

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Заполненный в соответствии с результатами замеров бланк Книги состояния контактного провода.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод.

Дорога \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Цех \_\_\_\_\_

Форма ЭУ-85 0361839  
Утверждена ОАО «РЖД» в 2004г.

**Книга**  
**состояния контактного провода \_\_\_\_\_ района контактной сети**





## Практическое занятие № 45,53

Тема: Измерение потенциалов "рельс-земля" и составление потенциальной диаграммы

Цель: Закрепление полученных теоретических знаний по условиям и последовательности измерений потенциалов «рельс-земля» и составлении потенциальной диаграммы; применение технических знаний и норм

Оборудование и приборы:

Опоры контактной сети и рельсовые пути учебного полигона, мультиметр, кабели (провода) для соединения с рельсом и со спуском защитного заземления опоры; руководство по эксплуатации прибора ПК-2, видеоматериалы по применению прибора ПК-2.

### Краткие теоретические сведения

Измерение потенциалов «рельс-земля» производится прибором ПК-2 в автоматическом режиме по схеме, приведенной на рисунке 1. На основании этих измерений строится потенциальная диаграмма, представляющая собой график, на котором по горизонтали откладываются расстояния между местами измерений, а по вертикали – средние значения потенциалов «рельс-земля».

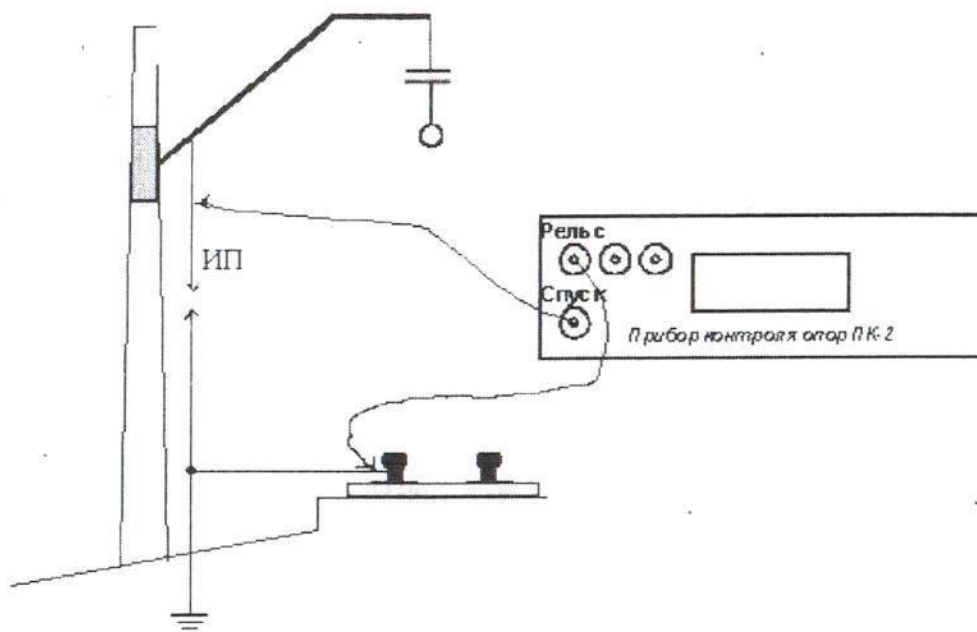


Рис 1. Схема измерений напряжений потенциальной диаграммы.

Подготовку и производство измерений рекомендуется проводить в следующем порядке:

- разъем «Рельс» прибора ПК-2 с помощью прилагаемого кабеля связи соединяется с подошвой рельса или стыковым соединителем;

- разъем «Спуск» прибора ПК-2 с помощью прилагаемого кабеля связи соединяется со спуском заземления опоры выше защитного устройства;
- во время прохождения электроподвижного состава нажимается кнопка «ПД» прибора для перевода его в режим измерений «рельс-земля» и записи значений во внутреннюю память прибора с десятисекундными интервалами (одновременно автоматически в память прибора дополнительно заносятся усредненные положительные и отрицательные, а также максимальные значения). Точный алгоритм производства измерительных операций приведен на рисунке 2.

### **Исходные данные**

Данные для построения диаграммы выдаются преподавателем.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с требованиями руководства по эксплуатации прибора ПК-
- 2, указаниями К-146 и правилами содержания контактной сети, видеоматериалами по применению прибора ПК-2.
2. Измерение потенциалов «рельс-земля» на полигоне с использованием мультиметра.
3. Построение потенциальной диаграммы по индивидуальным заданиям.
4. Ответы на контрольные вопросы.

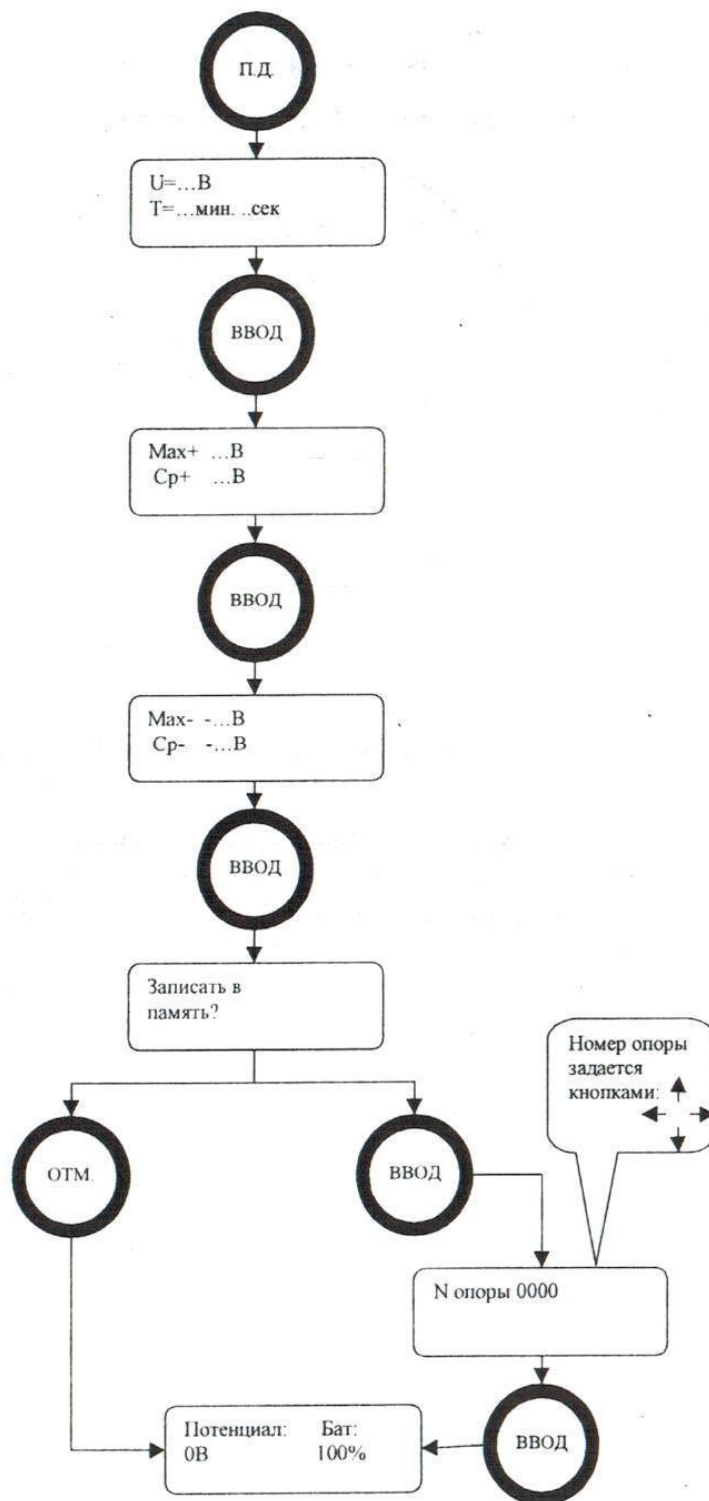


Рис 2. Алгоритм операций при измерении напряжений потенциальной диаграммы.

### Контрольные вопросы

1. Нормативное сопротивление цепи заземления опоры на участках постоянного тока.



2. Зависимость коррозионной активности грунта от его удельного сопротивления.
3. В каких потенциальных зонах оценивать степень электрокоррозии не требуется? Почему?
4. Есть ли какие-нибудь различия в проведении измерений потенциалов «рельс-земля» при групповом и индивидуальном заземлении опор? Если есть, то в чём они заключаются?
5. Как часто следует фиксировать показания прибора в период измерения потенциала «рельс-земля»? Для чего это необходимо делать?

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Последовательность выполнения работы.
3. Схема измерений напряжений потенциальной диаграммы.
4. Данные для построения потенциальной диаграммы.
5. Фрагмент потенциальной диаграммы.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

### Практическое занятие № 46

Тема: Электрический расчет воздушной линии

Цель: Научиться выполнять электрический расчет линии электропередач

#### Исходные данные

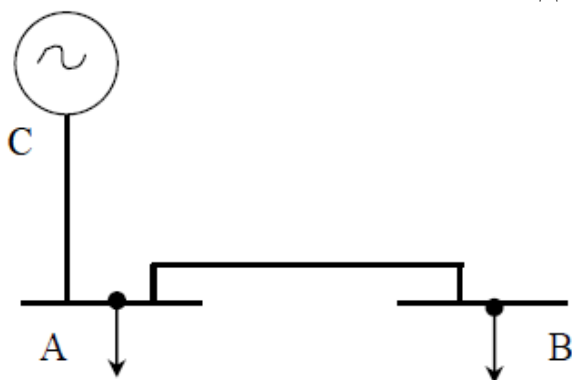


Рис 1. Схема присоединения потребителей

Задание: выполнить электрический расчет для линий СА длиной  $l_{CA}$  и АВ длиной  $l_{AB}$ .

Потребители А и В получают питание по схеме, приведенной на рисунке 1. Значения максимальных мощностей потребителей  $P_A$  и  $P_B$ , коэффициентов мощности  $\cos\phi_A$  и  $\cos\phi_B$ , номинальное напряжение в линии  $U_n$ ,

продолжительность использования максимума нагрузки  $T_{max}$ , приведены в таблице 1 в соответствии с вариантами.

Таблица 1

Исходные данные

Вари-ант	$P_a$ , кВт	$P_b$ , кВт	$U_n$ , кВ	$\cos\phi_a$	$\cos\phi_b$	$I_{CA}$ , км	$I_{AB}$ , км	$T_{max}$
1	600	800	10	0,8	0,7	2	4	6500
2	990	630	6	0,92	0,92	4,5	9	2250
3	500	1000	35	0,6	0,9	7,5	10	4500
4	100	200	10	0,8	0,6	0,4	0,6	4700
5	105	85	6	0,92	0,92	6	2	3500
6	3000	500	35	0,8	0,6	6,5	5	4700
7	1000	1200	35	0,92	0,92	8	5,7	7000
8	500	100	10	0,92	0,8	6	0,7	5500
9	150	600	6	0,93	0,92	3	0,8	3000
10	300	800	10	0,9	0,92	1,8	6	4500
11	900	130	6	0,62	0,92	4,5	9	2250
12	900	800	35	0,92	0,92	5,6	10	6000
13	800	600	35	0,8	0,7	6	8	3700
14	600	800	10	0,8	0,6	10	7	3900
15	4000	800	35	0,8	0,6	3	6	2700
16	900	700	10	0,8	0,7	5	8	3700
17	1000	1050	35	0,6	0,8	4	7	3800
18	500	900	6	0,8	0,9	4	6	3000
19	800	750	10	0,9	0,8	5	10	4500
20	600	900	6	0,8	0,7	3	2	2800
21	400	800	10	0,92	0,98	1,5	4	5200
22	5000	900	35	0,8	0,7	7	5	4500
23	600	900	10	0,8	0,7	3	7	2800
24	1000	2000	35	0,8	0,6	4,5	8,6	6000
25	500	900	10	0,8	0,92	2	4	5200
26	500	1000	6	0,6	0,8	2,8	3	3700
27	3100	600	35	0,8	0,6	5,5	2,5	4800
28	2500	1500	35	0,92	0,95	8	4	6500
29	650	900	10	0,8	0,75	2	5	2250
30	750	1050	10	0,6	0,85	4	3	4500
31	1600	800	35	0,93	0,86	7	6	4700
32	500	600	6	0,8	0,7	0,5	1,5	3500
33	1000	500	10	0,6	0,8	3	7	4700
34	900	750	6	0,8	0,9	5	3	5200
35	1250	650	35	0,9	0,8	11	5	3700
36	800	650	10	0,8	0,7	6	2	4800

**Порядок выполнения занятия:**

1. Выбор сечения проводов по нагреву.

### 1.1. Расчет реактивных мощностей нагрузок, квар

$$Q_A = P_A * \operatorname{tg} \varphi_A;$$
$$\operatorname{tg} \varphi_A = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_A}}{\cos \varphi_A};$$
$$Q_B = P_B * \operatorname{tg} \varphi_B;$$
$$\operatorname{tg} \varphi_B = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_B}}{\cos \varphi_B};$$

### 1.2. Расчет токов нагрузок, А

$$I_A = \frac{S_A}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{\sqrt{P_A^2 + Q_A^2}}{\sqrt{3} * U_H};$$
$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{\sqrt{P_B^2 + Q_B^2}}{\sqrt{3} * U_H};$$

Ток в линии на участке СА, А

$$I_{CA} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{\sqrt{(P_A + P_B)^2 + (Q_A + Q_B)^2}}{\sqrt{3} * U_H};$$

### 1.3. Выбор проводов воздушной ЛЭП

Выбор неизолированных проводов осуществляется по допустимой длительной нагрузке (Приложение 1).

Условие выбора

$I_{доп} > I_{расч}$

После выбора указывается марка провода с указанием сечения и допустимый ток. Например, провод А-35 с сечением  $S=35 \text{ мм}^2$  и  $I_{доп} = 170 \text{ А}$ .

### 2. Выбор сечения проводов по экономической плотности тока

Выбор проводов по экономической плотности тока сводится к определению экономического сечения и выбору по справочным приложениям ближайшего стандартного сечения провода,  $\text{мм}^2$ :

$$S_{\text{ЭК}} = I_H / j_{\text{ЭК}},$$

где  $j_{\text{ЭК}}$  – экономическая плотность тока, выбирается в зависимости от  $T_{\text{мах}}$  и типа токоведущих частей по Приложению 2 для воздушных линий. После расчета  $S_{\text{ЭК}}$  сравнивается с выбранным ранее сечением по допустимой длительной нагрузке. Окончательно принимается наибольшее сечение.

### 3. Сделать вывод о проделанной работе.

## Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Расчет реактивных мощностей и токов нагрузок.
3. Выбор проводов воздушных линий по длительной допустимой нагрузке.
4. Выбор сечения проводов по экономической плотности тока.
5. Вывод о проделанной работе.

### Приложение 1

Допустимая длительная нагрузка на неизолированные провода при предельно допустимой температуре нагрева провода  $+70^{\circ}\text{C}$  и температуре воздуха  $+25^{\circ}\text{C}$

Медные провода		Алюминиевые провода		Сталеалюминиевые провода			
Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А
16	130	35	170	35/5,2	175	300/39	690
25	180	50	215	50/8,0	210	400/51	825
35	220	70	265	70/11	265	500/60	945
50	270	95	325	95/15	330	120/27	375
70	340	120	375	120/22	380	150/35	450
95	415	150	440	150/26	445	185/43	515
120	485	185	500	185/29	515	240/56	610
150	570	240	590	240/39	610	300/72	705

### Приложение 2

Экономическая плотность тока в зависимости от продолжительности использования максимума нагрузки

Наименование проводников	Экономическая плотность тока $j_{э\kappa}$ , А/мм <sup>2</sup> , при продолжительности использования максимума нагрузки $T_{\max}$ , ч		
	от 1000 до 3000	от 3000 до 5000	от 5000 до 8700
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной изоляцией и жилами			
медными	3,0	2,5	2,0
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией			
с медными жилами	3,5	3,1	2,7
с алюминиевыми жилами	1,9	1,7	1,6

## Практическое занятие № 47

Тема: Электрический расчет кабельной линии

Цель: Закрепить навыки выполнения электрического расчета линии электропередач на примере кабельной линии

**Исходные данные:**

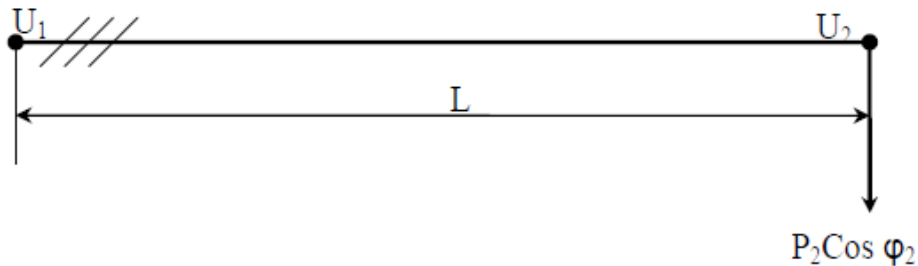


Рис 1. Схема трехфазной линии с одной нагрузкой на конце

Потребитель получает питание по схеме, приведенной на рисунке 1. Значения максимальной мощности нагрузки в конце линии -  $P_2$ , коэффициента мощности -  $\cos \varphi_2$ , номинального напряжения в линии –  $U_n$ , длины линии  $L$ , продолжительности использования максимума нагрузки  $T_{\max}$  и температуры земли  $t_{\text{земли}}$  приведены в таблице 1 в соответствии с вариантами.

**Задание:** выполнить электрический расчет для кабельной линии с одной нагрузкой.

## Исходные данные

Вариант	$P_2$ , кВт	$U_n$ , кВ	$\cos\varphi_2$	$L$ , км	Материал изоляции	$\varepsilon_{доп}$ , %	$T_{max}$	$t$ земли
1	2000	10	0,8	8	бумажная	8	6500	+10
2	1600	6	0,92	5	бумажная	10	2250	+15
3	3000	35	0,6	30	полиэтилен	7	4500	+20
4	700	10	0,8	10	полиэтилен	9	4700	+10
5	6000	6	0,92	6	бумажная	8	3500	+15
6	4000	35	0,8	25	полиэтилен	7	4700	+20
7	500	6	0,92	8	бумажная	10	7000	+10
8	950	10	0,92	12	бумажная	8	5500	+15
9	12500	35	0,93	27	полиэтилен	9	3000	+20
10	2100	10	0,9	8	бумажная	10	4500	+10
11	900	6	0,62	4,5	бумажная	8	2250	+15
12	900	35	0,92	20	полиэтилен	10	6000	+20
13	800	35	0,8	30	полиэтилен	7	3700	+10
14	6000	10	0,87	10	бумажная	9	3900	+15
15	4000	35	0,85	15	полиэтилен	8	2700	+20
16	500	10	0,88	5	полиэтилен	7	3700	+10
17	950	35	0,9	25	полиэтилен	10	3800	+15
18	12500	35	0,8	6	полиэтилен	8	3000	+20
19	2100	10	0,9	5	полиэтилен	9	4500	+10
20	900	6	0,87	3	бумажная	10	2800	+15
21	3000	10	0,92	8	бумажная	8	5200	+20
22	700	35	0,8	30	полиэтилен	10	4500	+10
23	6000	10	0,85	4	полиэтилен	7	2800	+15
24	4000	35	0,8	17	полиэтилен	9	6000	+20
25	500	10	0,8	2	бумажная	8	5200	+10
26	950	6	0,92	2,8	бумажная	7	3700	+15
27	3100	35	0,8	15	полиэтилен	10	4800	+20
28	2500	35	0,92	8	полиэтилен	8	6500	+10
29	650	10	0,8	6	полиэтилен	9	2250	+15
30	1750	10	0,86	4	бумажная	10	4500	+20

**Порядок выполнения занятия:**

1. Рассчитать экономичное сечение  $S_{эк}$

1.1. Расчет максимального тока, А:

$$I = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot \cos\varphi_2},$$

где  $U_2$  – номинальное напряжение потребителя, В;  $U_2 = U_n$ .

1.2. Экономичное сечение каждой токоведущей жилы кабеля, мм<sup>2</sup>:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I}{j_{\text{эк}}},$$

где  $j_{\text{эк}}$  – экономичная плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Значения  $j_{\text{эк}}$  в зависимости от материала кабеля, вида его изоляции и продолжительности максимума нагрузки  $T_{\text{мах}}$  выбираются по Приложению 2. к Практическому занятию 46.

1.3. Выбор номинального сечения жил кабелей  $S_{\text{н}}$  производится, исходя из экономической выгоды:

$$S_{\text{н}} \approx S_{\text{эк}}$$

Значения  $S_{\text{н}}$  в мм<sup>2</sup> для кабелей с бумажной и полиэтиленовой изоляцией даны в Приложениях 1, 2.

1.4. Проверка выбранного сечения кабеля по допустимой длительной нагрузке. Выбор кабелей осуществляется по допустимой длительной нагрузке в зависимости от уровня напряжения, материала жил и типа изоляции (Приложения 5.1 и 5.2).

Условие выбора при температуре воздуха +25°C и температуре земли +15°C  
 $I_{\text{доп}} > I_{\text{расч}}$

При отличии температуры среды от расчетной температуры:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot \text{кт},$$

где кт - поправочный температурный коэффициент (Приложения 5.3 и 5.4).

После выбора указывается марка кабеля с указанием сечения и числа фаз и допустимый ток. Например, кабель ААБ-3х25 напряжением 10 кВ с сечением  $S=25 \text{ мм}^2$  и  $I_{\text{доп}}=65 \text{ А}$ .

Необходимо, чтобы расчетный максимальный ток в проводе не превышал допустимый длительный ток по условиям нагрева для выбранного сечения

2. Определение активного  $r_0$  и индуктивного  $x_{L0}$  удельных сопротивлений участка кабельной линии.

Значения активного и индуктивного удельных сопротивлений кабелей выбираются из Приложения 5.5.

3. Расчет сопротивлений линии.

Активное сопротивление линии, Ом:

$$R = r_0 \cdot L$$

Индуктивное сопротивление линии, Ом:

$$X_L = x_{L0} \cdot L$$

4. Расчет потери фазного напряжения, В:

$$\Delta U_{\text{ф}} = I \cdot R \cdot \cos\varphi + I \cdot X_L \cdot \sin\varphi$$

5. Расчет потери линейного напряжения, В:

$$\Delta U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot \Delta U_{\text{ф}}$$

6. Определение относительной потери напряжения, %:

$$\varepsilon = \frac{\Delta U_{\text{л}}}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

7. Проверка выбранного сечения по допустимой потере напряжения:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon$$

Если расчетное значение  $\varepsilon$  больше допустимого, следует принять большее значение сечения проводов и повторить расчет потерь.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Расчет тока нагрузки.
3. Выбор кабельной линии по экономической плотности тока
4. Проверка кабельной линии по длительной допустимой нагрузке.
5. Выбор сечения проводов.
6. Расчет потерь и напряжения.
7. Вывод о проделанной работе.

### Приложение 5.1

Допустимая длительная нагрузка на кабели с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле

Площадь сечения кабелей, мм <sup>2</sup>	Значения допустимой нагрузки, А, на трехжильные кабели на напряжение			
	3 кВ	6 кВ	10 кВ	35 кВ
16	90	80	75	-
25	125	105	90	-
35	145	125	115	-
50	180	155	140	-
70	220	190	165	-
95	260	225	205	-
120	300	260	240	225
150	335	300	275	250

### Приложение 5.2

Допустимая длительная нагрузка на кабели с алюминиевыми жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена, прокладываемые в земле

Площадь сечения кабелей, мм <sup>2</sup>	Значения допустимой нагрузки, А, на трехжильные кабели на напряжение		
	10 кВ расположение в плоскости	35 кВ треугольное расположение	35 кВ расположение в плоскости
50	195	-	-
70	240	-	-
95	263	261	286
120	298	296	323
150	329	330	357



### Приложение 5.3

Поправочный коэффициент кт на температуру земли и воздуха для токовых нагрузок на неизолированные и изолированные провода и кабели с бумажной пропитанной маслоканифольной изоляцией

Расчетная температура среды, °С	Нормированная температура проводов и кабелей, °С	Значения поправочного коэффициента при фактической температуре среды, °С						
		-5	0	+5	+10	+20	+30	+40
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	0,96	0,88	0,78
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,04	0,95	0,85
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,05	0,94	0,81
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	0,95	0,84	0,71
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,06	0,94	0,79
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	0,94	0,82	0,67
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,07	0,93	0,76
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	0,93	0,79	0,61
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,08	0,91	0,71
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	0,93	0,76	0,53
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,09	0,89	0,63

### Приложение 5.4

Поправочный коэффициент кт на токи кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, в зависимости от температуры земли и воздуха

Расчетная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при фактической температуре среды, °С									
		-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
15	90	1,13	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82
25	90	1,21	1,18	1,1	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88

### Приложение 5.5.

Активное и индуктивное сопротивления трехжильных алюминиевых кабелей с поясной изоляцией

Напряжение, кВ	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>							
	10	16	25	35	50	70	95	120
Индуктивное сопротивление, Ом/км								
6	0,110	0,102	0,091	0,087	0,063	0,08	0,078	0,076
10	0,122	0,113	0,099	0,096	0,090	0,086	0,083	0,081
35	-	-	-	-	-	0,137	0,126	0,12
Активное сопротивление, Ом/км								
	3,10	1,94	1,24	0,89	0,62	0,443	0,326	0,258

## Практическое занятие № 48

Тема: Расчет и выбор компенсирующего устройства

Цель: Научиться определять число и емкость конденсаторов в компенсирующем устройстве

Исходные данные: приведены в таблице 8.1.

## Исходные данные

Вариант	Максимальная активная мощность потребителя $P_{\max}$ , кВт	Номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$ , кВ	Коэффициент мощности $\cos\varphi$		Тип конденсатора
			фактический	оптимальный	
1	130	0,22	0,76	0,94	КМ-0,22-9
2	850	6,3	0,78	0,92	КМ-6,3-26
3	450	0,38	0,74	0,96	КС-0,38-20
4	1800	10,5	0,7	0,8	КС-10,5-37,5
5	1200	6,3	0,67	0,85	КС-6,3-50
6	950	0,38	0,75	0,95	КМ-0,38-13
7	430	0,22	0,79	0,95	КС-0,22-6
8	1000	10,5	0,8	0,94	КС-10,5-37,5
9	550	0,22	0,72	0,97	КМ-0,22-13
10	1300	6,3	0,75	0,95	КМ-6,3-45
11	350	0,38	0,69	0,91	КС-0,38-10
12	1500	10,5	0,7	0,9	КС-10,5-37,5
13	340	0,22	0,74	0,86	КС-0,22-13
14	1500	6,3	0,78	0,99	КС-6,3-26
15	430	0,38	0,78	0,94	КМ-0,38-20
16	250	0,22	0,76	0,97	КМ-0,22-6
17	900	10,5	0,74	0,86	КС-10,5-26
18	130	0,22	0,76	0,94	КС-0,22-26
19	850	6,3	0,78	0,92	КМ-6,3-67
20	450	0,38	0,74	0,96	КС-0,38-36
21	1800	10,5	0,7	0,8	КС-10,5-75
22	1200	6,3	0,67	0,85	КС-6,3-45
23	950	0,38	0,75	0,95	КМ-0,38-36
24	430	0,22	0,79	0,95	КМ-0,22-26
25	1000	10,5	0,8	0,94	КС-10,5-37,5
26	550	0,22	0,72	0,97	КС-0,22-9
27	1300	6,3	0,75	0,95	КМ-6,3-26
28	350	0,38	0,69	0,91	КС-0,38-37,5
29	1500	10,5	0,7	0,9	КС-10,5-50
30	340	0,22	0,74	0,86	КМ-0,22-9
31	1500	6,3	0,78	0,99	КС-6,3-67
32	430	0,38	0,78	0,94	КМ-0,38-10
33	250	0,22	0,76	0,97	КС-0,22-13
34	900	10,5	0,74	0,86	КС-10,5-37,5

**Порядок выполнения занятия:**

1. Определить мощность компенсирующего устройства.

$$Q_{\text{кв}} = P_{\text{max}} \cdot (\operatorname{tg}\varphi_{\text{факт}} - \operatorname{tg}\varphi_{\text{онт}}) \cdot \alpha$$

где  $\alpha=0,85$

2. Определить количество конденсаторов в компенсирующем устройстве с учетом заданного типа конденсатора.

$$N_{\text{кв}} = \frac{Q_{\text{кв}}}{Q_1},$$

где  $Q_1$  – мощность одного конденсатора, квар.

3. Рассчитать реактивную мощность одной фазы.

$$Q_{\phi} = \frac{Q_{\text{кв}}}{3}$$

4. Определить число конденсаторов в одной фазе.

$$N_{1\phi} = \frac{N_{\text{кв}}}{3}$$

5. Рассчитать емкость батареи конденсаторов в мкФ.

$$C_{\text{бат}} = \frac{Q_{\text{кв}}}{2\pi f \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot 10^{-3}}$$

6. Начертить схему компенсирующего устройства с учетом уровня напряжения, числа рассчитанных конденсаторов для каждой фазы, защитных аппаратов и возможности контроля напряжения.

7. Сделать вывод о выполненной работе.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Расчет параметров компенсирующего устройства.
3. Схема компенсирующего устройства.
4. Вывод.

### Практическое занятие № 49

Тема: Проверка распределения напряжения вдоль гирлянды изоляторов

Цель: Практически изучить методику проверки распределения напряжения, научиться по измеренным параметрам определять дефектные изоляторы в гирлянде.

Оборудование и приборы: установка высокого напряжения на напряжение до 40 кВ; универсальная измерительная штанга; гирлянда из 4 исправных изоляторов; гирлянда из 4 изоляторов с 1 дефектным; мультимедийный проектор с презентацией к работе, альбом плакатов "Техника высоких напряжений".

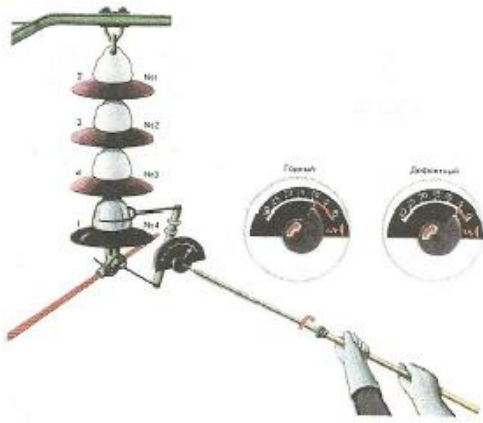


Рис 2.1.1. Измерительная штанга ШИ-35/110

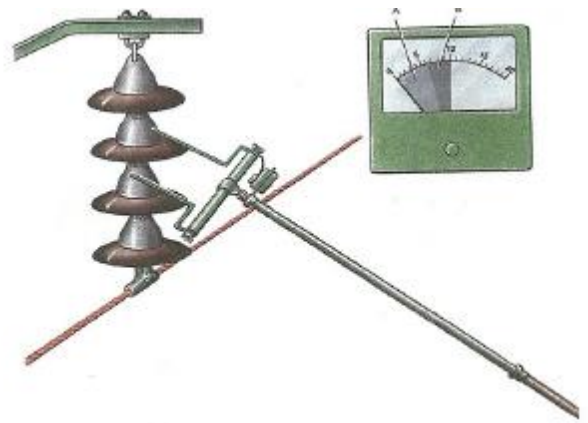


Рис 2.1.2. Измерительная штанга ШДИ-25.

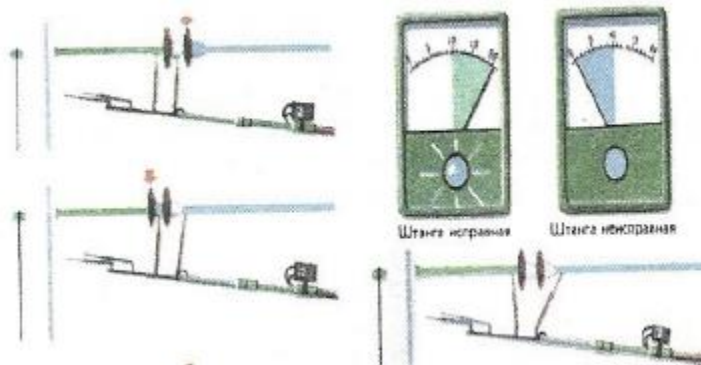


Рис 2.1.3. Предварительная проверка измерительной штанги

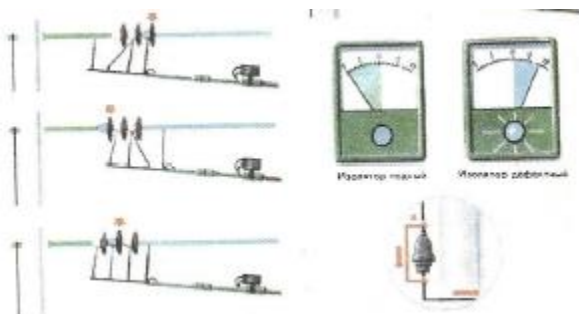


Рис 2.1.4. Проверка изоляторов

### Методика измерения

1. С помощью изоляционной штанги и захватов искровой промежуток подключается параллельно изолятору.
2. Медленным вращением штанги производится постепенное уменьшение расстояния между электродами искрового промежутка до возникновения в нем разрядов.
3. Стрелка указателя, связанная с подвижным электродом, указывает на шкале измеряемое напряжение в кВ.

### Порядок выполнения занятия:

1. Со страницы 25 альбома срисовать схему замещения и характеристику распределения напряжения по гирлянде изоляторов.
2. В лаборатории изучить конструкцию испытательной установки, выписать назначение ее основных элементов.
3. Выписать порядок подачи напряжения и методику проверки изоляторов.
4. Записать в таблицу 2.1.1. значения напряжений на изоляторах гирлянды.

Таблица 2.1.1

Распределение напряжений на изоляторах

Вариант	Падение напряжения на изоляторе № , кВ			
	1	2	3	4

5. Построить характеристику распределения напряжения по гирлянде.
6. Определить номер дефектного изолятора.
7. Сделать вывод о проделанной работе.

### Содержание отчета:

1. Наименование и цель работы.
2. Используемое оборудование.
3. Схема замещения гирлянды изоляторов с пояснениями.
4. Основные элементы испытательной установки.
5. Методика проведения измерений.
6. Заполненная таблица 2.1.1.
7. Характеристика распределения напряжения по гирлянде изоляторов.
8. Вывод с указанием дефектного изолятора.

### Практическое занятие № 50

Тема: Исследование влияния компенсирующего устройства на качество электроэнергии

Цель: Исследовать влияние компенсирующего устройства параллельной компенсации для сетей 0,4 кВ

Оборудование и приборы: стенд, имитирующий электрическую нагрузку с приборами учета электрической мощности и устройствами компенсации реактивной мощности.

Исходные данные заносятся в таблицу 2.2.1.:

$S_T$  – мощность трансформатора, кВА;

$S_H$  – номинальная мощность нагрузки, кВА;

$U_{III}$  - номинальное напряжение на шинах, к которым подключается компенсирующая установка

$\text{tg}\varphi_{\text{пн}}$  – заданный тангенс угла фазового сдвига после компенсации.

Таблица 2.2.1

Исходные данные для расчета мощности компенсирующего устройства

Вариант	$S_T$ , кВА	$S_H$ , кВА	$\cos\varphi_{\text{пн}}$	$\cos\varphi_{\text{тр}}$	$U_{III}$ , В	$u_k$ , %

### Порядок выполнения занятия:

1. Занести исходные данные в таблицу 2.2.1.
2. Ознакомиться со схемой на рисунке 2.2.1., приборами, занести данные в таблицу 2.2.2.

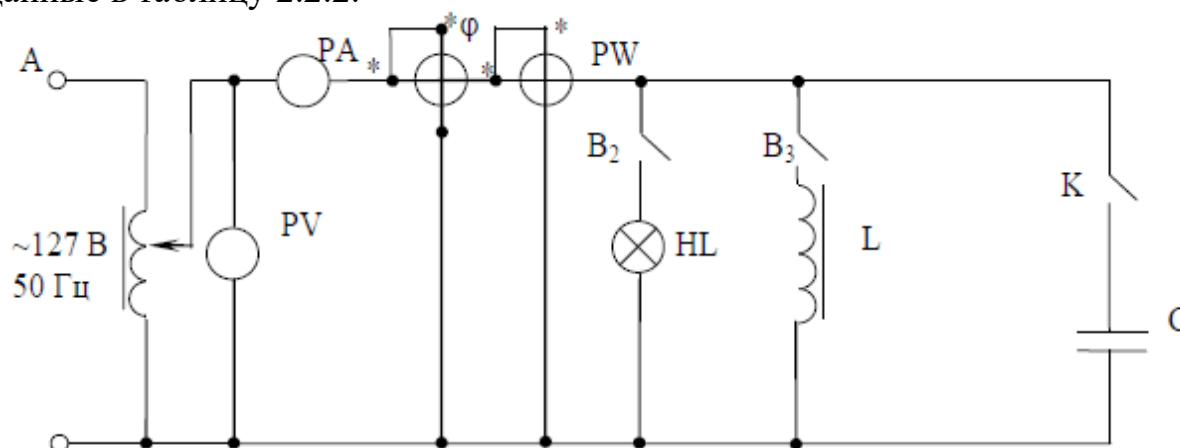


Рис 2.2.1. Электрическая схема стенда

Таблица 2.2.2

Технические данные приборов и оборудования

Обозначение прибора	Наименование прибора	Система прибора	Предел измерения	Цена деления	Класс точности
РА	Тестер		200 мА		
PV	Вольтметр		150 В		
PW	Ваттметр		150 В, 1 А		
Pφ	Фазометр		100 В, 5 А		

3. Собрать электрическую цепь и дать проверить ее преподавателю.

4. Включить выключатель В2, собрав цепь с активным сопротивлением. Измерить силу тока, напряжение, мощность электрической цепи и коэффициент мощности. Показания приборов занести в таблицу 2.2.3.

5. Включить выключатель В3, собрав цепь с активно-индуктивным сопротивлением. Измерить силу тока, напряжение, мощность электрической цепи и коэффициент мощности. Показания приборов занести в таблицу 2.2.3.

6. Включить выключатель К, подключив таким образом компенсирующую емкость ( $C = 2 \text{ мкФ}$ ). Измерить силу тока, напряжение,

мощность электрической цепи и коэффициент мощности. Показания приборов занести в таблицу 2.2.3.

7. Отключить стенд. Разобрать электрическую цепь, привести в порядок рабочее место.

8. Выполнить дополнительные расчеты и занести результаты в таблицу 2.2.3.

Полное сопротивление ветви с лампой:

$$z_1 = r_1 = \frac{U}{I_1}$$

Полное сопротивление ветви с катушкой индуктивности:

$$z_2 = \frac{U}{I_2}$$

Полное сопротивление ветви с компенсирующей емкостью:

$$z_3 = \frac{U}{I_3}$$

Полное сопротивление цепи:

$$z = \frac{U}{I}$$

Таблица 2.2.3

Результаты наблюдений и вычислений

№	Условие проведения опыта	Измерения							Расчеты			
		U	I	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	cosφ	φ	z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	z
		В	А	А	А	А	-	°	Ом	Ом	Ом	Ом
1	Ключ В2 замкнут											
1	Ключ В3 замкнут											
1	Ключ К замкнут											
1	Ключи К и В2 замкнуты											
1	Ключи В2, В3 и К замкнуты											

9. Сделать выводы о влиянии компенсирующей емкости на коэффициент мощности

### Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Заполненная таблица 2.2.1.
3. Расчет параметров компенсирующей установки.
4. Схема стенда.
5. Заполненная таблица 2.2.2.

6. Заполненная таблица 2.2.3.  
7. Вывод о влиянии компенсирующего устройства.

### Практическое занятие № 51

Тема: Определение места расположения центра электрических нагрузок

Цель: Научиться определять центр электрических нагрузок потребителей и место расположения ГПП (ЦРП) для железнодорожного узла

#### Исходные данные

Категория, установленная мощность  $P_u$  и коэффициент спроса  $k_c$  основных потребителей электроэнергии для соответствующих вариантов приведены в таблице 9.1. Номер рисунка заданного плана станции по вариантам, а также координаты расположения трансформаторных подстанций (ТП) на территории потребителей указаны в таблице 9.2. Рисунки планов станции приведены в приложении 9.1.

Таблица 9.1

#### Характеристики потребителей

Наименование потребителя электроэнергии	Категория потребителя	Коэффициент спроса $k_c$	Номера вариантов											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
			25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Установленная мощность потребителей $P_u$ , кВт														
Пассажирское здание	I	0,6	100	150	200	120	130	160	180	110	140	170	150	130
Жилой поселок	III	0,4	400	500	600	450	550	650	480	560	700	680	580	460
Школа	I	0,8	120	150	170	185	200	190	140	160	155	130	175	165
Больница	I	0,7	300	340	350	310	280	250	270	240	320	330	260	290
Насосная	I	0,7	280	400	280	380	260	350	370	290	340	375	285	390
Котельная	I	0,5	600	500	700	550	650	580	640	700	600	500	550	650
Депо	I	0,8	700	680	720	650	600	620	580	575	550	670	710	630
Грузовой двор	II	0,85	150	200	100	120	130	140	150	160	170	180	110	190
Пост ЭЦ	I	0,95	100	90	80	110	120	130	140	75	85	95	105	125



Таблица 9.2

## Координаты расположения потребителей

Номер варианта	1-12		13-24		25-36	
Номер рисунка плана станции	1		2		3	
Наименование потребителей	Координаты расположения ТП, м					
	x	y	x	y	x	y
Пассажирское здание	40	20	60	-40	40	30
Жилой поселок	-70	180	200	-180	-100	120
Школа	-320	250	-260	-135	-670	120
Больница	650	-140	1070	-240	920	210
Насосная	520	-50	440	-60	-250	30
Котельная	-460	70	770	-60	980	80
Депо	1270	70	-800	60	560	-75
Грузовой двор	-680	-80	850	40	1120	-50
Пост ЭЦ	-170	20	-190	-40	190	30

**Порядок выполнения занятия:**

1. Выписать исходные данные из таблиц 9.1 и 9.2 в рабочую таблицу 9.3.

Таблица 9.3

## Мощности потребителей

Наименование потребителя электроэнергии	Категория потребителя	Коэффициент спроса, $K_c$	Установленная мощность $P_y$ , кВт	Максимальная мощность потребителя $P_{max}$ , кВт	Координаты расположения ТП, м	
					x	y

2. Рассчитать максимальные мощности потребителей и занести рассчитанные данные в таблицу 9.3

$$P_{max} = P_y * K_c$$

3. Определить расчетом координаты центра электрических нагрузок (ЦЭН) по формулам:

$$x_{цэн} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_{max} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{max}}$$

$$y_{цэн} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_{max} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{max}}$$

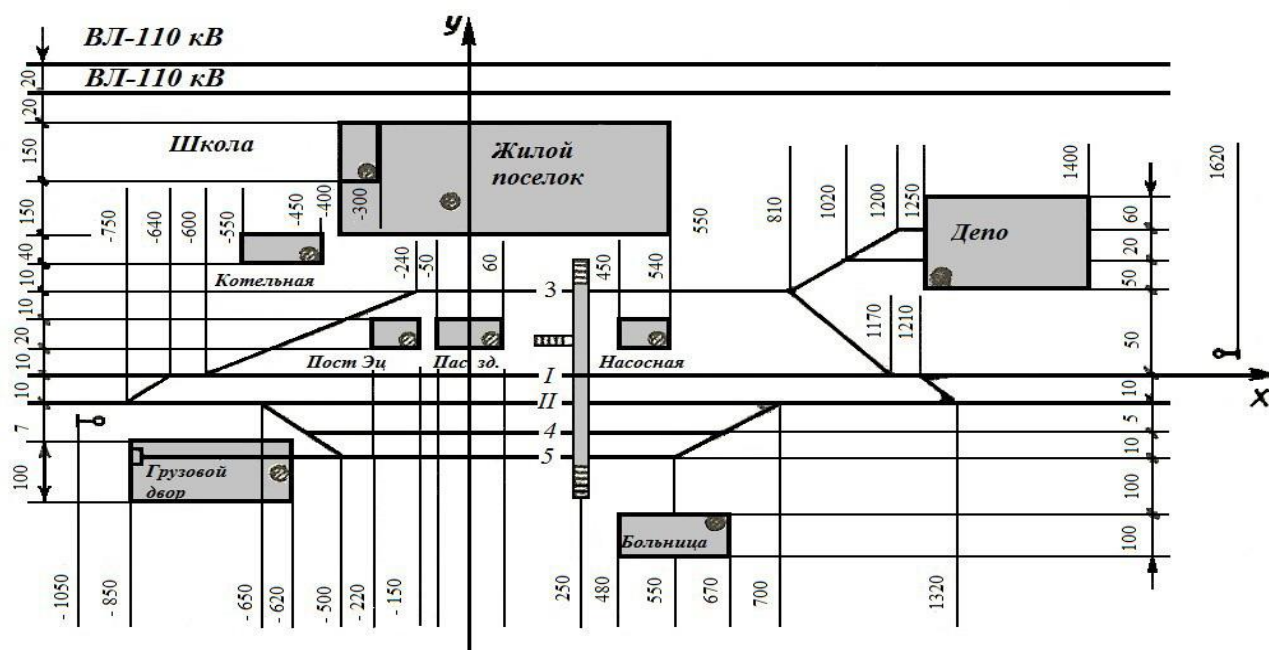
4. Пользуясь планом станции и данными расчетов, определить приблизительное место расположения главной понижающей подстанции (ГПП). При определении места расположения учитывать возможность размещения территории ГПП и присоединения ее к внешней сети электроснабжения. Размеры территории ГПП принять следующими: 200x100 м.

5. Сделать вывод о месте расположения ГПП.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Рабочая таблица с параметрами потребителей электроэнергии.
4. Расчет центра электрических нагрузок.
5. Определение места расположения ГПП на плане станции.
6. Вывод о проделанной работе.

### Приложение 9.1



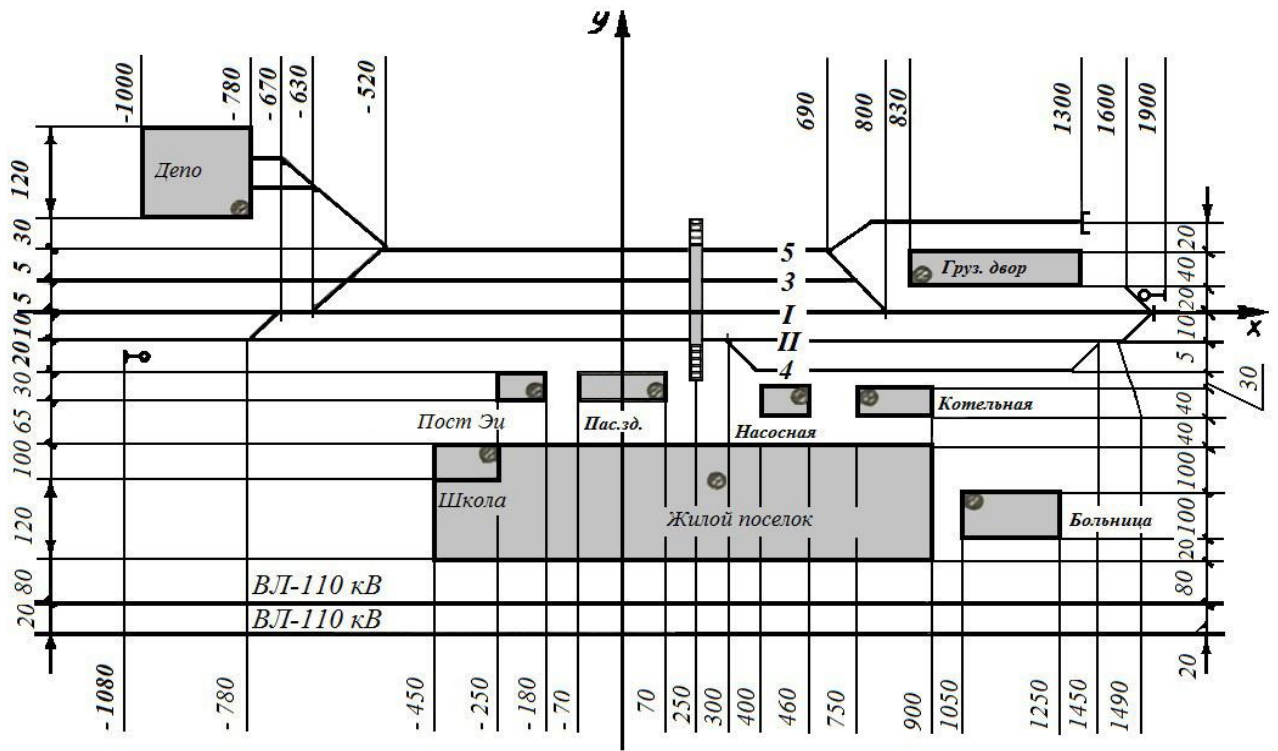


Рисунок 2

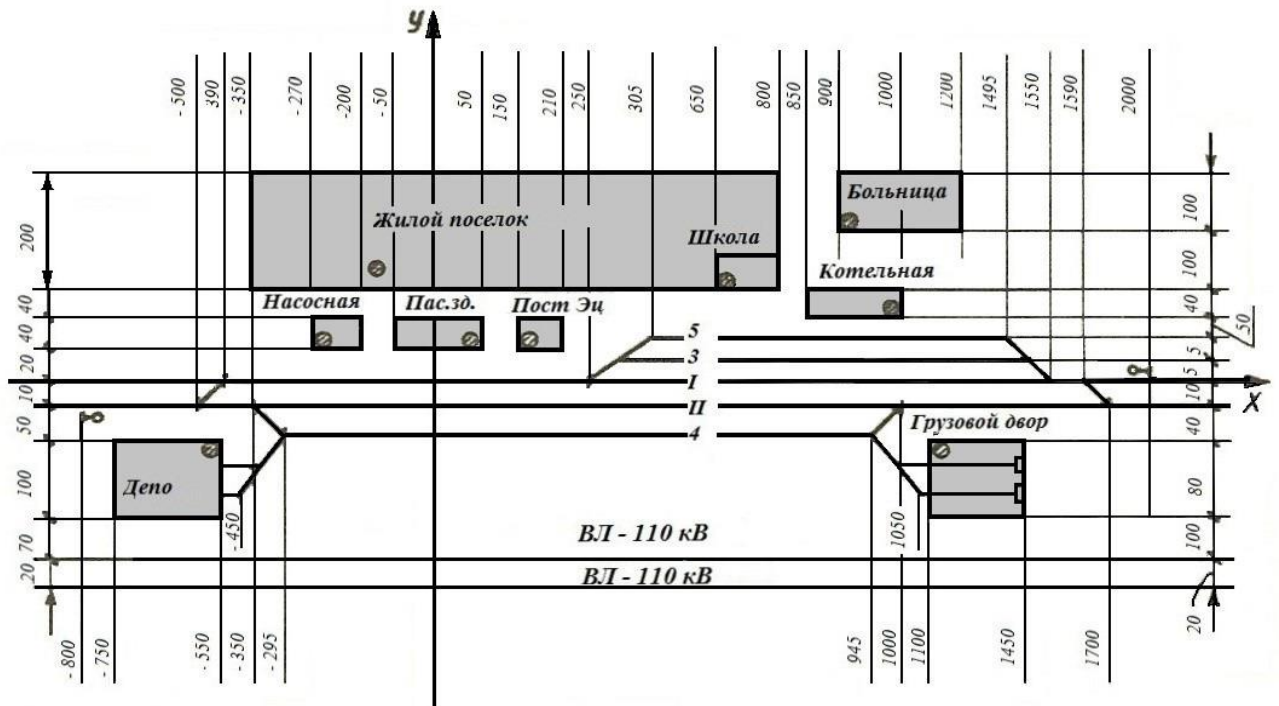


Рисунок 3

## Практическое занятие № 52

Тема: Составление схемы и плана распределительных сетей напряжением 10кВ

Цель: Научиться составлять электрическую схему питания потребителей и ситуационный план железнодорожного узла с учетом категории приемников электрической энергии

### Исходные данные:

Рисунок плана станции, координаты и категории потребителей принимаются по данным варианта практического занятия №51. Место расположения ГПП соответствует координатам, определенным в практическом занятии 51.

### Порядок выполнения занятия:

1. Составить схему питания потребителей от ГПП с учетом их категорий и расстояний.

2. Вычертить на развороте тетрадного листа или на листе миллиметровой бумаги ситуационный план железнодорожного узла в масштабе 1:10000 (1 мм = 10 м). Необходимая длина листа для заданных планов – 300 мм.

2.1. Нанести координатные оси: ось х – ось 1 пути; ось у – ось плана пассажирского здания.

2.2. Нанести оси остальных путей, пользуясь заданными на исходных схемах горизонтальными и вертикальными размерами. При ширине междупутей 5 м допускается принять расстояние между осями путей 1 мм. 2.3. По заданным координатам показать трансформаторные подстанции потребителей электроэнергии, а затем вычертить по указанным размерам здания и территории этих потребителей.

3. Показать на плане определенные ранее координаты ГПП. При расположении ГПП следует учитывать возможность присоединения ее к внешней сети электроснабжения (ВЛ 110 кВ). Размеры территории ГПП принять 70х100м. Присоединить ГПП к питающей линии 110 кВ.

4. Вычертить схему распределительных сетей электроснабжения потребителей электроэнергии железнодорожного узла, учитывая их категорию и взаимное расположение. Питание потребителей может быть выполнено по радиальным или магистральным, в том числе кольцевым, схемам.

Питание потребителей 1 категории должно осуществляться двумя линиями от двух независимых источников питания. Две линии питания потребителей 1 категории могут быть радиальными или магистральными кольцевыми. По кольцевой схеме может получать питание только один потребитель 1 категории, находящийся в месте размыкания кольца.

Потребители 2 категории обычно получают питание по двум линиям. Потребители 3 категории питают магистральной линией или подключают на отпайках к кольцевой схеме.

Пример схемы распределительных сетей приведен в Приложении 10.1.

При построении схемы следует учитывать, что линии могут быть как воздушными, так и кабельными, особенно при большом путевом развитии станции. Пересечения линий с электрифицированными путями должны проходить под прямым углом.

На ситуационном плане воздушные сети вычерчиваются сплошной линией, а кабельные – штриховой линией.

5. Составить описание и обоснование выполненной схемы, определив взаимосвязь между категорией потребителя и выбранным способом его запитывания. Указать, какие участки сети выполнены воздушными, а какие – кабельными линиями.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Схема питания потребителей от ГПП с учетом их категории.
4. Ситуационный план железнодорожного узла со схемой электроснабжения потребителей.
5. Обоснование составленной схемы.
6. Определение числа воздушных и кабельных линий.
7. Вывод о проделанной работе.

### Приложение 10.1

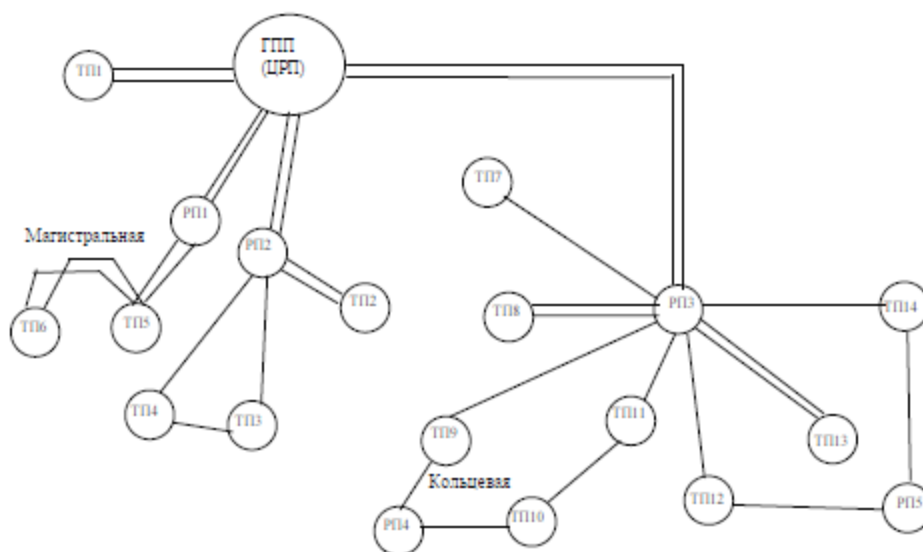


Рис 10.1 Схема электроснабжения железнодорожного узла

## Практическое занятие № 54

Тема: Изучение конструкции светильников внутреннего (наружного) освещения

Цель: Практически изучить конструкции светильников с различными источниками света

Занятие проводится с использованием электронных образовательных ресурсов и натуральных образцов светильников.

Оборудование и приборы: образцы светильников, мультимедийный проектор с презентацией.

### Краткие теоретические сведения

Основными конструктивными элементами светильников являются: устройства крепления светильника, источник света, устройство подвешивания электрического напряжения (патрон), отражатель (рассеиватель), защитные элементы.

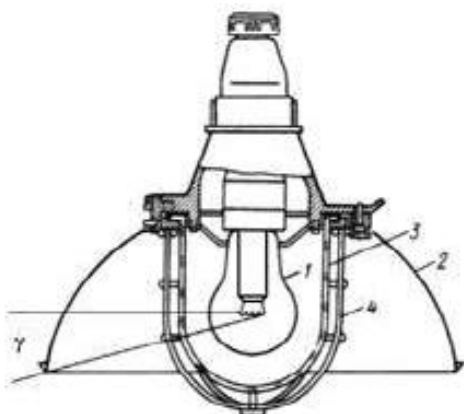


Рис 13.1. Конструкция светильника типа ППД для общего освещения производственных помещений.

- 1 - лампа;
- 2 - отражатель;
- 3 - светопропускающий элемент;
- 4 - защитная сетка;
- γ - защитный угол светильника.

Пускорегулирующая аппаратура.

Все светильники с люминесцентными лампами имеют встроенные в них ПРА с конденсаторами для повышения коэффициента мощности. Применение светильников без таких конденсаторов запрещается.

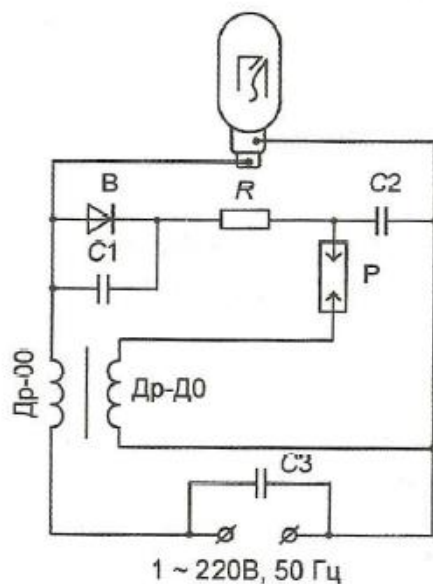


Рис 13.2. Принципиальная электрическая схема зажигания ДРЛ (2-х электродная).

Др (Др-ОО, Др-ДО) – дроссель с двумя обмотками (основной, дополнительной);

В – выпрямитель;

R – ограничительный резистор;

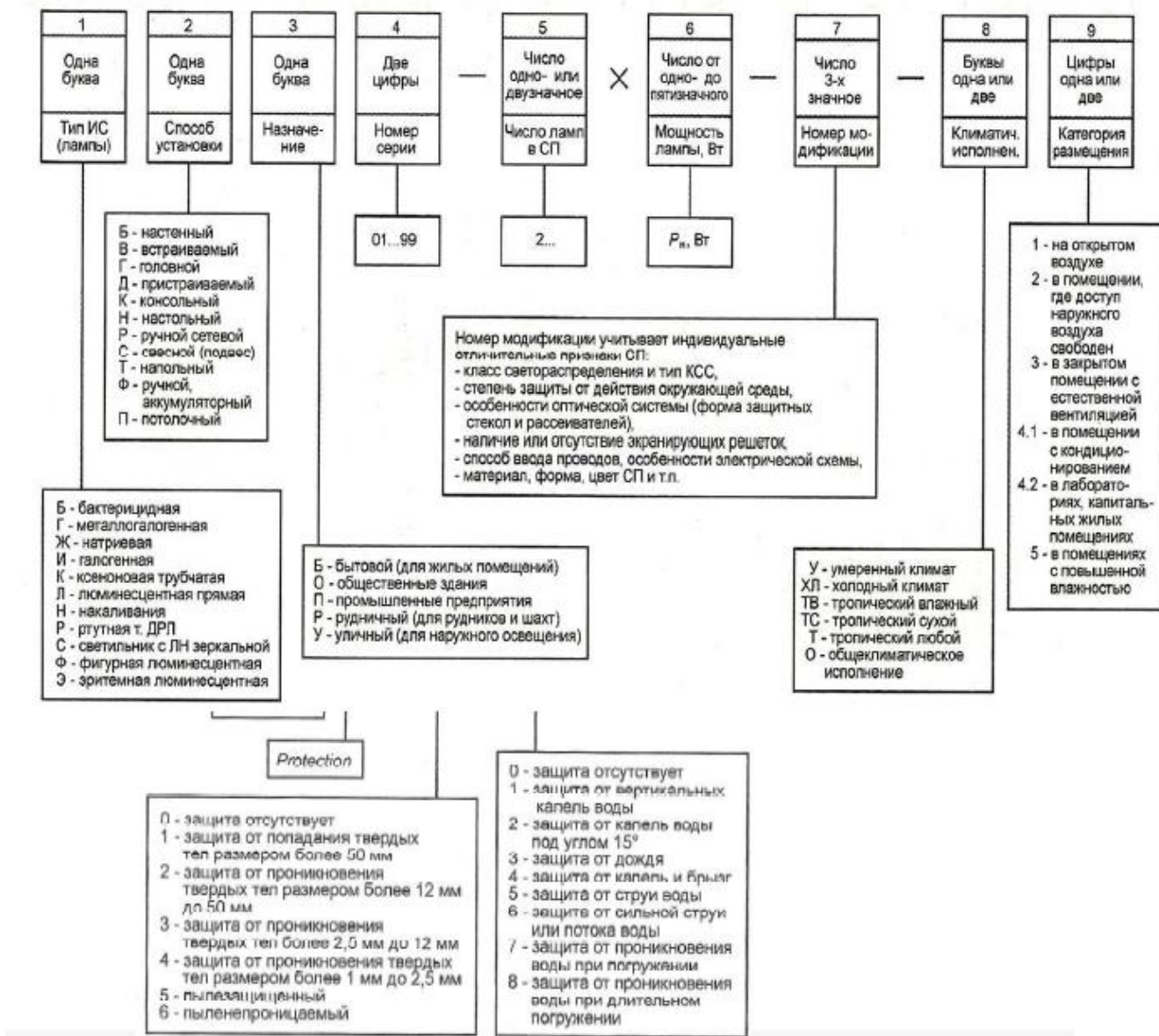
С1- защитный конденсатор выпрямителя;

С2 – накопительный конденсатор;

P – разрядник;

С3 – емкость для подавления помех радиоприему.

## Типовая маркировка отечественных светильников



### Порядок выполнения занятия:

1. Определить основные элементы конструкции светильников и выписать в отчет, зарисовав общий вид конструкции светильника и пример подключения пускорегулирующей аппаратуры.
2. Выписать типовую маркировку отечественных светильников и пояснения к ней
3. По электронным материалам изучить основные типы светильников и заполнить таблицу 13.1.



Основные типы светильников

№ п/п	Тип светильника	Тип источника света	Устройство крепления	Отражатель	Защитные элементы	Класс защиты	Применение

4. Изучить выданный образец светильника:

- зарисовать общий вид;
- указать основные элементы;
- выписать маркировку и расшифровать ее (если есть);
- определить применение светильника.

5. Сделать вывод о выполненной работе

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Перечень основных элементов светильников.
3. Пример конструкции светильника.
4. Схема ПРА для ДРЛ.
5. Маркировка светильников.
6. Классификация степеней защиты.
7. Заполненная таблица с примерами светильников.
8. Выполненное индивидуальное задание (общий вид, основные элементы и маркировка светильника).
9. Вывод о выполненной работе.

### Практическое занятие № 55

Тема: Расчет внутреннего освещения

Цель: Научиться производить расчет общего внутреннего равномерного освещения методом коэффициента использования при светильниках любого вида.

Исходные данные указаны в таблице 14.1

Задание: Рассчитать осветительную установку для общего равномерного освещения внутреннего помещения, имеющего размеры: длину А, ширину В, высоту Н. Потолок, стены и рабочие поверхности светлые. Окна расположены по длине помещения. Нормируемая наименьшая освещенность Е на поверхности рабочих столов (в 0,8 м от пола, т.е.  $h_p = 0.8$  м).

Заданы тип светильника, количество и мощность ламп в одном светильнике. Определить световой поток ламп и светильника, количество и размещение светильников, мощность осветительной установки всего помещения.

## Порядок выполнения занятия:

1. Расчет индекса помещения и определение коэффициента использования

1.1. Индекс помещения

$$j = \frac{S}{h \cdot (A+B)};$$

где A, B, S - соответственно длина, ширина и площадь освещаемого помещения;

h – расчетная высота (расстояние между светильниками и освещаемой поверхностью).

Расчетная высота светильников, м:

$$h = H - h_c - h_p,$$

где  $h_c$  – высота подвеса светильника, для светильников в помещениях с подвесными потолками  $h_c = 0$  м;

$h_p$  – высота рабочей поверхности.

1.2. Определение коэффициента использования  $\eta$ .

Значение коэффициента использования выбирается из справочных таблиц в зависимости от типа и КПД светильника, индекса помещения и коэффициентов отражения потолка  $\rho_p$ , стен  $\rho_c$ , расчетной поверхности  $\rho_s$ . (Приложения 14.1-14.4)

2. Определение типа, мощности и светового потока ламп, мощности и светового потока светильника выполняется по справочным таблицам в зависимости от типа светильника (Приложения 14.1-14.4).

По таблицам определяется также тип лампы, размеры светильника.

3. Определение требуемого количества светильников

Расчетное число светильников для заданной нормируемой освещенности

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K_z \cdot 100}{\eta \cdot n \cdot \Phi_{\lambda}};$$

где E – нормируемая освещенность, лк;

S – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

Z – коэффициент неравномерности освещения, Z=1,1;

K<sub>з</sub> – коэффициент запаса, K<sub>з</sub> = 1,3;

n – число ламп в светильнике;

$\Phi_{\lambda}$  – световой поток одной лампы в светильнике, лм, определяется по справочным таблицам.

Таблица 14.1

## Исходные данные

Варианты	Размеры помещения:			Коэффициенты отражения:			Тип светильника	Тип лампы	Нормируемая освещенность поверхности рабочих столов E, лк
	длина А, м	ширина В, м	высота Н, м	потолка $\rho_{п}$ , %	стен $\rho_{с}$ , %	рабочей поверхности $\rho_{р}$ , %			
1	15	10	3	70	50	30	414 А01 (Поларис)	ЛХБ	75
2	25	20	3,5	70	30	10	236 А52 (Циклон)	ЛБ	100
3	11	8	4	30	10	10	PEGASUS 150 В29	КГ	150
4	24	19	4,5	70	50	10	418 А30 (Пассат)	ЛД	200
5	26	21	5	50	50	30	ORION218 В27	КЛЛ	300
6	20	15	5,5	50	30	10	218 А29 (Сирокко)	ЛБ	400
7	14	9	6	50	50	10	228 А59 (Алькор)	ЛД	75
8	23	17	3	80	50	30	ЛПО 12-2х40-904	ЛБ	100
9	10	8	3,5	70	50	30	414 А03 (Сириус)	ЛД	150
10	22	18	4	70	30	10	414 А01 (Поларис)	ЛХБ	200
11	28	20	4,5	30	10	10	236 А52 (Циклон)	ЛБ	300
12	20	15	5	70	50	10	PEGASUS 150 В29	КГ	400
13	18	12	5,5	50	50	30	418 А30 (Пассат)	ЛД	75
14	24	19	6	50	30	10	ORION218 В27	КЛЛ	100
15	10	8	3	50	50	10	218 А29 (Сирокко)	ЛБ	150
16	13	9	3,5	80	50	30	ЛПО 12-2х40-904	ЛД	200
17	19	15	4	70	50	30	414 А01 (Поларис)	ЛХБ	300
18	14	10	4,5	70	30	10	236 А52 (Циклон)	ЛБ	400
19	17	11	5	30	10	10	PEGASUS 150 В29	КГ	75
20	12	9	5,5	70	50	10	418 А30 (Пассат)	ЛД	100
21	16	11	6	50	50	30	ORION218 В27	КЛЛ	150
22	30	25	3	50	30	10	218 А29 (Сирокко)	ЛБ	200
23	21	18	3,5	50	50	10	228 А59 (Алькор)	ЛД	300
24	22	19	4	80	50	30	ЛПО 12-2х40-904	ЛБ	400
25	17	13	4,5	70	50	30	414 А01 (Поларис)	ЛХБ	75
26	12	9	5	70	30	10	236 А52 (Циклон)	ЛБ	100
27	27	21	5,5	30	10	10	PEGASUS 150 В29	КГ	150
28	23	18	6	70	50	10	418 А30 (Пассат)	ЛД	200
29	19	11	3	50	50	30	ORION218 В27	КЛЛ	300
30	21	16	3,5	50	30	10	218 А29 (Сирокко)	ЛБ	400
31	16	11	4	50	50	10	228 А59 (Алькор)	ЛД	75
32	13	9	4,5	80	50	30	ЛПО 12-2х40-904	ЛБ	100
33	29	14	5	70	30	10	236 А42 (Леванто)	ЛД	150
34	11	8	5,5	30	10	10	418 А08 (Муссон)	ЛБ	200
35	18	11	6	70	50	10	228 А21 (Поларис)	ЛД	300
36	15	10	3	50	50	30	254 А46 (Циклон)	ЛБ	400

## 4. Построение плана помещения.

Построение выполняется в масштабе, с учетом размера светильников. Светильники следует располагать равномерно, на одинаковом расстоянии друг от друга, расстояние от крайних светильников до стен должно равняться примерно половине расстояния между светильниками. При необходимости число светильников следует округлить в большую сторону.

Примерный план расположения светильников приведен на рисунке 14.1

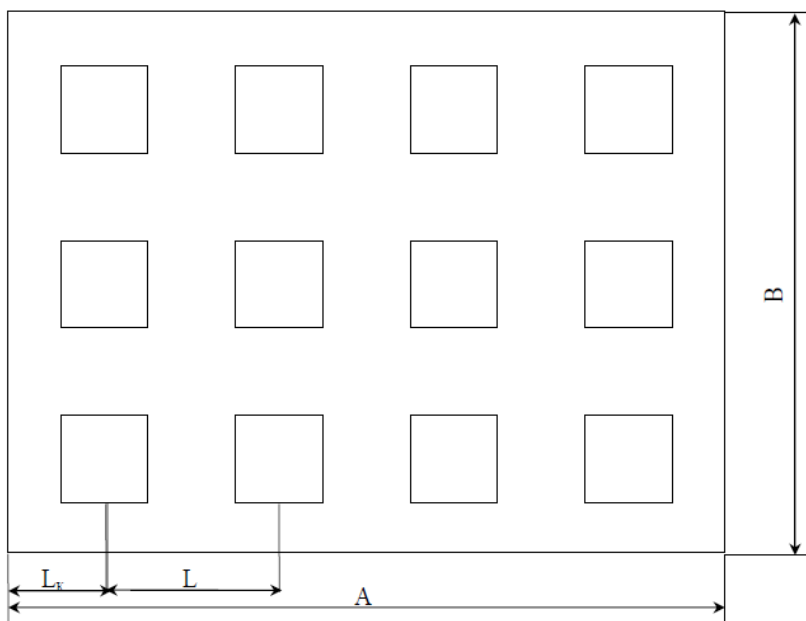


Рис 14.1. План расположения светильников в помещении

5. Определение установленной мощности осветительной установки

$$P = N \cdot P_{\text{св}},$$

где  $P_{\text{св}}$  – мощность одного светильника, Вт.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Расчет индекса помещения.
3. Определение коэффициента использования.
4. Определение типа, мощности и светового потока ламп, мощности и светового потока светильника.
5. Определение требуемого количества светильников.
6. План расположения светильников в помещении
7. Расчет установленной мощности осветительной установки.
8. Вывод о проделанной работе.

Приложение 14.1

Коэффициенты использования светового потока для светильников с галогенными лампами накаливания (PEGASUS) и с компактными люминесцентными лампами (ORION)

Тип светильника	PEGASUS 150 B 29							ORION 218 B27						
	$\rho_n, \%$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50
$\rho_c, \%$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p, \%$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
$i$	Коэффициенты использования, %													
0,6	91	88	84	90	87	86	83	37	36	31	37	35	31	28
0,8	95	90	89	94	90	88	86	45	43	39	44	42	38	35
1,25	101	95	93	100	94	92	91	56	53	49	54	51	48	45
2	108	97	97	103	96	96	94	66	59	57	63	58	56	53
3	110	100	99	106	97	97	95	71	63	62	68	62	60	58
5	114	101	100	109	99	98	97	76	67	65	72	65	64	62

Приложение 14.2

Технические характеристики для светильников для светильников с галогенными лампами накаливания (PEGASUS) и с компактными люминесцентными лампами (ORION)

Артикул	Тип лампы и цоколь	Размеры, мм	КПД, %	Мощность, Вт	Световой поток лампы, Лм
PEGASUS 150 B29	1x50Вт (GY6,35)	205x205x123	90	50	1300
PEGASUS 250 B30	2x50Вт (GY6,35)	390x205x123	90	100	1300
PEGASUS 350 B31	3x50Вт (GY6,35)	520x205x123	90	150	1300
PEGASUS 450 B32	4x50Вт (GY6,35)	362x362x123	90	200	1300
PEGASUS 450 B52	4x50Вт (GY6,35)	668x205x123	90	200	1300
ORION 113 D45	1x13Вт (G24d-1)	310x195x95	65	19	600
ORION 213 D46	2x13Вт (G24d-1)	310x195x95	65	38	600
ORION 118 E60	1x18Вт (G24d-2)	310x195x95	65	26	900
ORION 218 B27	2x18Вт (G24d-2)	310x195x95	65	52	900
ORION 126 D47	1x26Вт (G24d-3)	335x235x150	65	34	1200
ORION 226 B28	2x26Вт (G24d-3)	335x235x150	65	68	1200

**Коэффициенты использования светового потока для светильников с  
люминесцентными лампами**

Тип светильника	ЛПО 12-2х40-904							414 А01 (Поларис)						
$\rho_n$ , %	80	70	70	50	50	50		70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	30	30		50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	30	30	30	30	10		30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	33	32	25	30	24	24	-	38	37	33	37	36	33	30
0,8	41	39	32	36	30	29	-	45	43	40	44	42	39	37
1,0	47	45	38	42	35	34	-	-	-	-	-	-	-	-
1,25	53	51	44	47	41	39	-	54	51	48	53	50	47	45
1,5	58	55	48	51	45	43	-	-	-	-	-	-	-	-
2	65	62	56	57	52	49	-	63	56	55	60	55	54	52
2,5	70	67	61	61	56	53	-	-	-	-	-	-	-	-
3	74	71	65	64	60	56	-	66	60	58	63	58	57	55
4	79	75	70	68	64	60	-	-	-	-	-	-	-	-
5	83	78	74	71	68	62	-	70	62	61	67	61	60	58
Тип светильника	414 А03 (Сириус)							Светильник 414 А19 (Поларис)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	41	40	35	40	38	35	32	38	37	33	37	36	33	30
0,8	49	47	43	48	45	42	39	45	43	40	44	42	39	37
1,25	59	56	52	58	54	52	49	54	51	48	53	50	47	45
2	69	62	61	66	61	59	57	63	56	55	60	55	54	52
3	74	66	65	71	65	63	61	66	60	58	63	58	57	55
5	78	69	68	74	78	67	65	70	62	61	67	61	60	58
Тип светильника	428 А23 (Поларис)							Светильник 218 А29 (Сирокко)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	41	40	35	40	38	35	31	36	35	31	36	34	31	28
0,8	49	47	43	48	45	42	39	43	41	38	42	40	37	35
1,25	60	56	53	58	55	52	49	52	49	46	51	48	45	43
2	70	63	61	67	62	60	57	61	55	53	58	54	52	50
3	75	67	66	72	66	64	62	65	58	57	62	57	55	54
5	80	71	69	76	69	68	66	69	61	59	65	59	58	57
Тип светильника	236 А32 (Пассат)							Светильник 418 А40 (Леванто)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	35	34	29	34	33	29	25	24	23	19	23	22	19	16
0,8	43	40	36	41	39	36	33	29	28	24	28	27	24	21
1,25	53	50	46	51	48	45	42	37	35	31	36	33	31	28
2	63	57	55	60	56	54	50	45	41	38	43	40	38	35
3	68	61	59	65	60	57	56	50	45	43	47	44	40	39
5	74	65	63	70	64	62	60	54	48	46	51	47	45	44

Продолжение таблицы 14.3

Тип светильника	236 А42 (Леванто)							Светильник 236 А52 (Циклон)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	22	21	18	21	20	17	15	30	29	24	29	28	24	20
0,8	27	25	22	26	24	22	19	37	35	30	36	34	29	26
1,25	33	31	28	32	30	28	26	47	44	39	45	42	38	35
2	41	37	35	39	36	34	31	57	52	48	54	51	47	43
3	45	40	39	43	39	37	36	64	57	54	61	56	51	50
5	49	43	42	47	42	41	39	70	62	59	66	60	58	56
Тип светильника	228 А59 (АЛЬКОР)							Светильник 418 А08 (Муссон)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	42	41	33	41	39	33	28	41	39	34	39	38	34	31
0,8	52	49	43	50	47	41	37	48	45	42	46	44	41	38
1,25	65	62	55	63	60	55	50	58	54	50	56	53	50	47
2	81	73	69	77	71	67	62	68	61	59	64	60	58	55
3	90	80	77	85	79	73	71	73	65	64	70	64	61	60
5	98	87	84	93	85	82	79	78	69	67	74	67	66	64
Тип светильника	418 А17 (Леванто)							Светильник 228 А21 (Поларис)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	24	23	19	23	22	19	16	40	39	35	40	38	34	31
0,8	29	28	24	28	27	24	21	48	46	42	47	44	41	39
1,25	37	35	31	36	33	31	28	58	55	51	57	53	51	48
2	45	41	38	43	40	38	35	68	61	60	65	60	58	56
3	50	45	43	47	44	40	39	72	65	64	69	64	62	60
5	54	48	46	51	47	45	44	77	68	67	73	67	66	64
Тип светильника	418 А28 (Сирокко)							Светильник 418 А30 (Пассат)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	30	29	25	29	28	25	23	37	36	31	36	35	31	28
0,8	35	33	31	34	32	30	28	45	43	39	44	41	38	35
1,25	42	40	37	41	39	37	35	55	51	48	53	50	47	44
2	49	44	43	46	43	42	40	65	58	56	61	57	55	52
3	52	46	45	49	45	44	43	70	62	61	66	61	58	57
5	55	49	47	52	48	47	45	75	66	64	71	64	63	61
Тип светильника	236 А41 (Леванто)							Светильник 254 А46 (Циклон)						
$\rho_n$ , %	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_c$ , %	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_p$ , %	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	22	21	18	21	20	17	15	30	29	24	29	27	23	20
0,8	27	25	22	26	24	22	19	36	34	30	35	33	29	25
1,25	33	31	28	32	30	28	26	45	43	38	44	41	37	34
2	41	37	35	39	36	34	31	56	50	47	53	49	46	42
3	45	40	39	43	39	37	36	62	56	53	59	54	50	49
5	49	43	42	47	42	41	39	68	60	58	65	59	57	54

## Мощность и КПД люминесцентных ламп

Артикул	Тип лампы и цоколь	Размеры, мм	КПД %	Мощность, Вт	Световой поток лампы, лм (ЛД/ЛБ)
ЛПО 12-2×40-904	2х36			80	2850
414 А01 (Поларис)	4х14 (G5)	595х595х57	70	62	1300/1350
236 А52 (Циклон)	2х36 (G13)	1280х170х95	68	84	2850
418 А30 (Пассат)	4х18 (G13)	635х635х66	74	84	1300/1450
218 А29 (Сирокко)	2х18 (G13)	635х360х66	59	50	1300/1450
228 А59 (Алькор)	2х28 (G5)	1175х137х79	60	60	2750/2900
414 А03 (Сириус)	4х14 (G5)	595х595х57	69	62	1300/1350
236 А42 (Леванто)	2х36 (G13)	1380х320х105	34	84	2850
418 А08 (Муссон)	4х18 (G13)	595х595х72	63	84	1300/1450
228 А21 (Поларис)	2х28 (G5)	1210х143х57	57	60	2750/2900
254 А46 (Циклон)	2х54 (G5)	1280х170х95	80	116	4750/5000

**Практическое занятие № 56**

Тема: Расчет наружного освещения

Цель: Научиться производить расчет наружного освещения точечным методом

Исходные данные указаны в таблице 15.1

Задание: Рассчитать освещение пассажирской платформы.

Заданы - тип светильника, высота подвеса, размеры платформы, нормируемая освещенность, коэффициент запаса  $k=1,5$ . Определить световой поток ламп и светильника, необходимый для обеспечения заданной освещенности, количество и размещение светильников, мощность осветительной установки всего помещения.

**Порядок выполнения занятия:**

1. Принять начальное расстояние между светильниками 15 м.
2. Вычертить план помещения с лампами в масштабе, удобном для измерений.
3. Определить контрольные точки с наименьшей освещенностью – посередине между светильниками и у края платформы.
4. Определить расстояния  $x$  и  $y$  от ближайших к контрольным точкам светильников.
5. Рассчитать относительные размеры на высоту 1 м:

$$\xi = x/h$$



$$\eta=y/h$$

6. По кривой условных изолюкс определить относительные горизонтальные освещенности.

7. Данные свести в таблицу 15.2.

8. Выбрать точку с наихудшей освещенностью.

9. Световой поток одного светильника, лм:

$$\Phi = \frac{1000E \cdot k \cdot h^2}{\Sigma \varepsilon},$$

где E – нормируемая освещенность, лк,

k – коэффициент запаса,

$\Sigma \varepsilon$  – суммарная относительная условная освещенность, лк/м.

Таблица 15.1

Исходные данные

Вариант	Ширина платформы, А, м	Длина платформы, В, м	Высота установки светильников h, м	Нормируемая освещенность E, лк	Тип светильника
1	5	400	6,5	5	РКУ
2	4	500	5	10	ЖКУ
3	3	600	4,5	5	СУС
4	5	700	4,5	10	СУС
5	4	800	5	10	РКУ
6	3	400	6	5	СУС
7	5	500	5	5	ЖКУ
8	4	600	5	10	СУС
9	3	700	4,5	5	РКУ
10	5	800	4,5	10	ЖКУ
11	4	400	5	5	СУС
12	3	500	6	10	СУС
13	5	600	5	10	РКУ
14	4	700	4,5	5	СУС
15	3	800	6	5	ЖКУ
16	5	800	4,5	10	СУС
17	4	400	4,5	10	РКУ
18	3	500	5	5	СУС
19	5	600	6	5	ЖКУ
20	4	700	5	10	СУС
21	3	800	5	5	РКУ
22	5	400	4,5	10	ЖКУ
23	4	500	4,5	5	СУС
24	3	600	5	10	СУС
25	5	700	6	10	РКУ

Таблица 15.2

## Определение условной освещенности

Точка	Номера светильников	Параметр $\xi$ ,	Параметр $\eta$	Относительная условная освещенность, $\varepsilon$	
				от одного светильника	от всех ближайших светильников

10. Выбрать мощность источника света и марку светильника по справочным данным. При необходимости откорректировать число светильников.

11. Подсчитать полную потребляемую мощность.

$$P = N \cdot P_{\text{св}},$$

где  $P_{\text{св}}$  – мощность одного светильника, Вт.

Сделать вывод о проделанной работе.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. План расположения светильников в масштабе.
3. Таблица 15. 2.
4. Определение мощности и светового потока ламп, мощности и светового потока светильника.
5. Корректировка требуемого количества светильников.
6. Расчет установленной мощности осветительной установки.
7. Вывод о проделанной работе.

## Практическое занятие № 57

Тема: Расчет распределительных сетей

Цель: Научиться выполнять расчет распределительных сетей по данным ситуационного плана железнодорожного узла и схемы электроснабжения потребителей с выбором проводов и проверкой допустимых потерь напряжения

Исходные данные:

Ситуационный план железнодорожного узла и схема распределительных сетей, составленные в ходе выполнения практического занятия 10-11.

Электрический расчет выполняется выборочно, номера рассчитываемых потребителей, в зависимости от варианта, приведены в Таблице 12.1

Максимальные мощности потребителей рассчитаны в практическом занятии 9.

### Порядок выполнения занятия:

1. По ситуационному плану железнодорожного узла (из отчета к практическому занятию 52) измерить с помощью линейки длины питающих

линий от ГПП до заданных потребителей, пересчитать их с учетом масштаба 1:10000 (1 мм = 10 м), перевести в километры и занести в таблицу 12.2. Для потребителей, получающих питание по 2 разным линиям, определяется линия наибольшей длины.

2. Выполнить расчет максимального тока для каждого из заданных потребителей, А:

$$I = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi},$$

где  $P_{\max}$  – максимальная мощность потребителя, кВт, определяется по расчетам практического занятия 9;

$U_n$  – номинальное напряжение потребителя,  $U_n = 10$  кВ;

$\cos\varphi = 0,9$  для всех потребителей.

Результаты расчета токов занести в таблицу 12.2.

3. Выбрать сечения проводов.

В качестве токоведущих частей для выполнения распределительных сетей рекомендуется принять самонесущие изолированные провода на напряжение до 20 кВ марки СИП-3.

Выбор проводов СИП для каждого потребителя осуществляется по допустимой длительной нагрузке (Приложение 12.1).

Условие выбора

$I_{\text{доп}} > I_{\text{мах}}$

После выбора указывается марка провода СИП с указанием сечения и допустимый ток.

Например, СИП-3 1х50 с сечением  $S=50$  мм<sup>2</sup> и  $I_{\text{доп}}=245$  А.

Результаты выбора заносятся в таблицу 12.2.

4. Определить активные и индуктивные сопротивления питающих линий для заданных потребителей.

Значения активного и индуктивного удельных сопротивлений СИП выбираются из Приложения 12.2.

Активное сопротивление линии, Ом

$$R = r_0 \cdot l,$$

где  $r_0$  – активное удельное сопротивление провода СИП-3 выбранного сечения, определяется из Приложения 12.2;

$l$  – длина питающей линии, определяется из таблицы 12.2.

Результаты расчета активных сопротивлений заносятся в таблицу 12.2.

Индуктивное сопротивление линии, Ом

$$X_L = x_{L0} \cdot l$$

где  $x_{L0}$  – индуктивное удельное сопротивление провода СИП-3 выбранного сечения, для всех потребителей принимается равным 0,3 Ом/км. Результаты расчета индуктивных сопротивлений заносятся в таблицу 12.2.

Таблица 12.1

Исходные данные

Вариант	Наименование потребителей электроэнергии, для которых выполняется расчет		
1	Пассажирское здание	Жилой поселок	Школа
2	Больница	Насосная	Котельная
3	Депо	Грузовой двор	Пост ЭЦ
4	Грузовой двор	Пассажирское здание	Депо
5	Жилой поселок	Больница	Пост ЭЦ
6	Насосная	Котельная	Школа
7	Котельная	Насосная	Пассажирское здание
8	Грузовой двор	Школа	Больница
9	Депо	Пост ЭЦ	Жилой поселок
10	Жилой поселок	Школа	Грузовой двор
11	Пассажирское здание	Котельная	Насосная
12	Больница	Пост ЭЦ	Депо
13	Школа	Грузовой двор	Пост ЭЦ
14	Жилой поселок	Пассажирское здание	Депо
15	Насосная	Больница	Школа
16	Пост ЭЦ	Грузовой двор	Насосная
17	Котельная	Школа	Пассажирское здание
18	Депо	Жилой поселок	Больница
19	Жилой поселок	Пост ЭЦ	Грузовой двор
20	Насосная	Школа	Депо
21	Пассажирское здание	Пост ЭЦ	Котельная
22	Школа	Больница	Грузовой двор
23	Котельная	Депо	Жилой поселок
24	Насосная	Пассажирское здание	Школа
25	Пост ЭЦ	Насосная	Больница
26	Грузовой двор	Котельная	Депо
27	Школа	Жилой поселок	Пассажирское здание
28	Пост ЭЦ	Насосная	Грузовой двор
29	Больница	Депо	Пост ЭЦ
30	Пассажирское здание	Жилой поселок	Котельная

Таблица 12.2

Результаты расчета

Наименование потребителя	$l, км$	$I, А$	Марка СИП	$R, Ом$	$X_L, Ом$	$\Delta U_{\phi}, В$	$\Delta U_{\lambda}, В$	$\epsilon, \%$
1.								
2.								
3.								

5. Рассчитать потери фазного напряжения для заданных потребителей, В

$$\Delta U_{\phi} = I_{\max} \cdot R \cdot \cos\varphi + I_{\max} \cdot X_L \cdot \sin\varphi$$

Результаты расчета заносятся в таблицу 12.2.

6. Рассчитать потери линейного напряжения для заданных потребителей, В

$$\Delta U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot \Delta U_{\text{ф}}$$

Результаты расчета заносятся в таблицу 12.2.

7. Определить относительные потери напряжения для заданных потребителей, %

$$\varepsilon = \frac{\Delta U_{\text{л}}}{U_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

Результаты расчета заносятся в таблицу 12.2.

8. Проверить выбранные сечения по допустимой потере напряжения:

$$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon$$

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 10\%$$

Если расчетное значение  $\varepsilon$  больше допустимого, следует принять большее значение сечения проводов и повторить расчет потерь.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Исходные данные, длины питающих линий.
3. Расчет максимальных рабочих токов.
4. Выбор проводов СИП по длительной допустимой нагрузке.
5. Определение сопротивлений проводов.
6. Расчет потерь напряжения.
7. Заполненная Таблица 12.2.
8. Вывод о проделанной работе.

Допустимые токовые нагрузки проводов, рассчитанные при температуре окружающей среды +25°C, скорости ветра 0,6 м/с и интенсивности солнечной радиации 1000 Вт/м<sup>2</sup>

Самонесущие изолированные провода до 1 кВ		Самонесущие изолированные и защищенные провода 20 кВ		Самонесущие изолированные и защищенные провода 35 кВ	
Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А
16	100	16	-	16	-
25	130	25	-	25	-
35	160	35	200	35	220
50	195	50	245	50	270
70	240	70	310	70	340
95	300	95	370	95	400
120	340	120	430	120	460
150	380	150	485	150	520
185	436	185	560	185	600
240	515	240	600	240	670

## Приложение 12.2

Активное сопротивление токопроводящих жил проводов при +90°C на частоте 50 Гц

Площадь сечения, мм <sup>2</sup>									
16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Активное сопротивление, Ом/км									
2,448	1,54	1,111	0,822	0,568	0,411	0,325	0,265	0,211	0,162

## Практическое занятие № 58

Тема: Исследование схем питания ламп

Цель: Практически изучить стандартную схему питания ламп, проверить исправность элементов схемы питания.

Оборудование и приборы: Стенд со схемой питания ламп, секундомер, мультиметр.

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить аппаратуру на испытательном стенде. Выписать марки и параметры ламп, стартера, балластного дросселя.

2. С помощью мультиметра проверить исправность цепей схемы, составить и зарисовать в отчет схему подключения ламп.

3. Подготовить секундомер, проверить исправность работы ламп и замерить время включения ламп, а также подаваемое напряжение питания и напряжение на включенных лампах.

4. Сделать вывод об исправности схемы и ламп.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Схема питания ламп.
3. Марки ламп, стартера и балласта.
4. Измеренные параметры.
5. Вывод об исправности схемы.

### Практическое занятие № 59

Тема: Устройство и элементы конструкции силовых кабелей

Цель: Изучить конструкцию кабеля, научиться определять марку кабеля по материалу и сечению токоведущих частей и видам изоляции и оболочек

Оборудование и приборы: образцы кабелей, измерительные инструменты, справочные материалы.

### Порядок выполнения занятия:

1. Получить у преподавателя образец кабеля.
2. Изучив элементы конструкции кабеля, заполнить таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Характеристики изучаемого кабеля

Токосоведущие жилы (материал, конструкция)	Изоляция (вид, материал)	Защитная оболочка	Броня	Наружный покров

3. Выполнить эскиз поперечного сечения образца кабеля, обозначив основные элементы конструкции.

4. Измерить радиусы (диаметры) жил и определить сечение токоведущих частей.

5. По справочным таблицам (приложения 5.1 и 5.2 к практическому занятию № 47) определить допустимый ток кабеля.

6. Изучив материал конспекта, записать в отчет предположительную маркировку кабеля.

7. Устно ответить на вопросы преподавателя по конструкции исследованного образца кабеля.

### **Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Заполненная таблица 4.1.
3. Эскиз сечения кабеля с указанием основных элементов конструкции.
4. Расчет сечения жил кабеля.
5. Допустимый ток кабеля.
6. Маркировка кабеля.
7. Вывод о проделанной работе.

### **Практическое занятие № 60**

Тема: Испытания высоковольтного кабеля

Цель: Закрепить знания технологии высоковольтных испытаний путем практического ознакомления с методами испытаний кабелей напряжением выше 1000 В

Оборудование и приборы: мультимедийный проектор с презентацией занятия и видеофильмом по работе высоковольтной лаборатории ЛИК-2.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить раздаточные материалы по возможностям высоковольтной испытательной лаборатории ЛИК-2.
2. Выписать в отчет по работе основные аппараты высоковольтного отсека лаборатории.
3. Выписать виды высоковольтных испытаний и измерений, проводимых лабораторией.
4. По материалам видеофильма составить алгоритмы безопасного производства работ для каждого вида продемонстрированных испытаний.
5. Сделать вывод по изученному материалу.

### **Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Основное оборудование высоковольтного отсека испытательной лаборатории.
3. Виды высоковольтных испытаний.



4. Алгоритмы безопасного производства работ.
5. Вывод.

### **Практическое занятие № 61**

Тема: Определение места повреждения кабельной линии

Цель: Закрепить знания технологии диагностических измерений путем практического ознакомления с методами определения места повреждения кабелей напряжением выше 1000 В

Оборудование и приборы: мультимедийный проектор с презентацией занятия и видеофильмом по работе высоковольтной лаборатории ЛИК-2.

#### **Порядок выполнения занятия:**

1. Изучить раздаточные материалы по видам диагностических измерений, выполняемых с помощью оборудования испытательной лаборатории ЛИК-2.
2. Выписать в отчет по работе основное оборудование и приборы низковольтного отсека лаборатории.
3. Выписать методы определения места повреждения кабельной линии, осуществляемые с помощью испытательной лаборатории.
4. По материалам видеофильма составить алгоритмы безопасного производства работ для каждого вида диагностических измерений.
5. Сделать вывод по изученному материалу.

#### **Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Основные приборы и аппараты низковольтного отсека испытательной лаборатории.
3. Виды измерений для определения места повреждения кабельной линии.
4. Алгоритмы безопасного производства работ.
5. Вывод.

### **Практическое занятие № 62**

Тема: Испытания изоляторов воздушных линий

Цель: Ознакомиться с методикой проведения испытаний фарфоровых изоляторов на электрическую прочность

Оборудование и приборы:

- стационарная испытательная установка для создания переменного напряжения промышленной частоты, диэлектрические перчатки, диэлектрический коврик, заземляющая штанга.

### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить правила проведения высоковольтных испытаний.
2. Составить алгоритм проведения мероприятий по охране труда при проведении испытаний изоляторов на стационарной установке.
3. Изучить принципиальную схему и конструкцию испытательной установки.
4. Выписать основные элементы конструкции в отчет.
5. Подготовить образцы испытываемых изоляторов.
6. Провести испытания каждого образца.
  - 6.1. Поместить испытываемый изолятор между электродами.
  - 6.2. Закрыть дверь, ограждающую высоковольтную часть установки и подать напряжение на испытываемый изолятор, для чего:
    - 6.2.1. Включить вилку шнура питания в сеть.
    - 6.2.2. Вставить колодку в вилку аппарата.
    - 6.2.3. Включить рубильник.
    - 6.2.4. С помощью регулятора напряжения типа ЛАТР повышать напряжение со скоростью 2 кВ в секунду до необходимой величины.
    - 6.2.5. После окончания опыта снять напряжение, действуя в обратном порядке.
7. Определить напряжения при пробое изоляторов.
8. Результаты испытаний занести в таблицу 2.1.1.

Таблица 2.1.1

#### Результаты испытаний

Вид испытания	Тип и порядковый номер изолятора	$U_{пр}$ , кВ	$t_{зап}$ – время запаздывания пробоя, с

9. По данным опытов построить вольтсекундные характеристики для испытываемых изоляторов. Определить степень исправности изоляторов.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Алгоритм проведения технических мероприятий при испытаниях.
3. Схема испытательной установки с пояснениями.
4. Заполненная таблица 2.1.1.
5. Вольтсекундные характеристики изоляторов.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

### Практическое занятие № 63

Тема: Отбраковка соединений проводов ВЛ

Цель: Выработать умения находить неисправности соединений проводов ВЛ

Оборудование и приборы: микроомметр; образцы соединений проводов ВЛ; набор инструментов.

#### Порядок выполнения занятия:

1. Получить у преподавателя образцы соединений проводов линий.
2. Изучить рисунок 1.1, выписать способы соединений проводов, основные элементы конструкции.

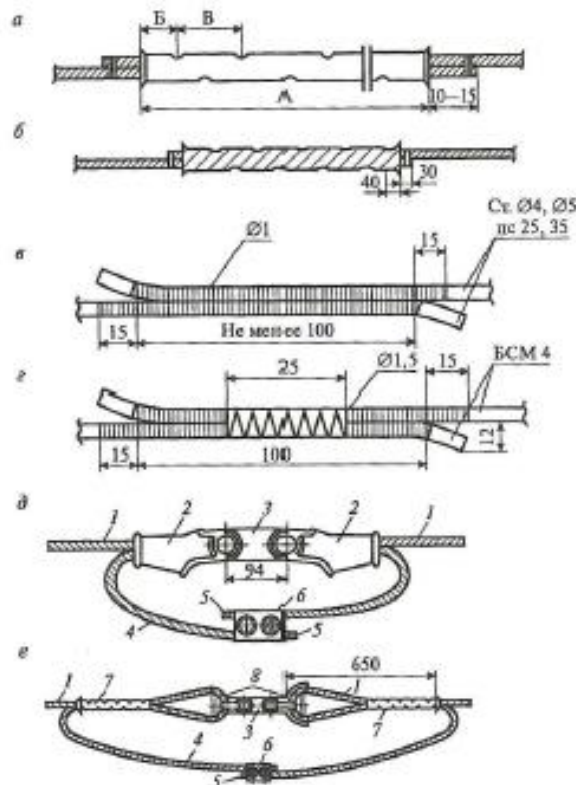


Рис 1.1. Соединения проводов методами обжатия (а), скрутки (б), наложения бандажа стальных и сталемедных (в, г) проволок, соединительными зажимами (д,е): 1 – трос; 2 – клиновой зажим, 3- соединительная планка; 4 –

шунт; 5 – бандаж; 6 – соединительный зажим; 7 – овалный соединитель; 8 – вилочный коуш.

3. Изучить рисунок 2, произвести внешний осмотр соединений и определить соединения с дефектами.



Рис 1.2. Виды стыкования проводов воздушных линий

4. Измерить переходные сопротивления соединений проводов ВЛ с помощью микроомметра.

5. Сравнить данные измерений с сопротивлением целой ВЛ длиной 2 м, измеренным микроомметром.

6. Занести данные измерений в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Сравнительная характеристика сопротивлений

Сопротивление соединений с дефектами	Сопротивление соединений без дефектами	Сопротивление целой линии

7. Сделать вывод о влиянии качества соединения на величину переходного сопротивления.

**Содержание отчета:**

1. Цель работы.
2. Способы и элементы соединения проводов.
3. Пояснения по дефектным соединениям проводов ВЛ.
4. Заполненная таблица 1.1.

5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод.

### Практическое занятие № 64

Тема: Способы крепления проводов ВЛ к изоляторам

Цель: Выработать умения прикреплять провода ВЛ к изоляторам

Оборудование и приборы: макет с изоляторами и образцами вязки проводов; гибкие провода; вязальная проволока; пассатижи.

#### Порядок выполнения занятия:

1. Изучить рисунок 2.1 и определить последовательность технологической операции на прямом участке. Зарисовать этапы крепления в отчет и пояснить каждый этап.



Рис 2.1. Крепление проводов к штыревым изоляторам на прямом участке линии

2. Изучить рисунок 2.2 и определить последовательность технологической операции в местах изменения направления линии. Зарисовать этапы крепления в отчет и пояснить каждый этап.



Рис 2.2. Крепление проводов к штыревым изоляторам в местах изменения направления линии.

3. На макете, при помощи вязальной проволоки, прикрепить провода к изоляторам с использованием вязальных проводов различными способами крепления, приведенными на рисунке 2.3.

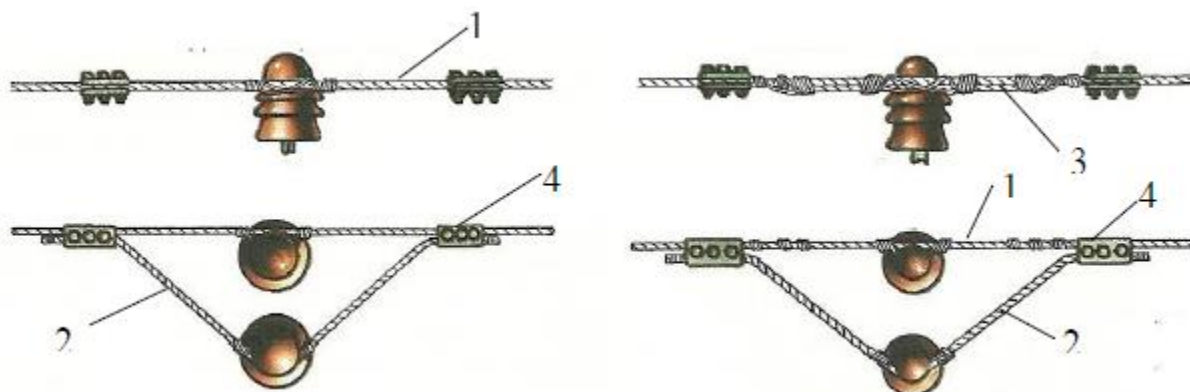


Рис 2.3. Двойное и двойное рессорное крепление проводов

- 1 – линейный провод
- 2 – вспомогательный провод
- 3 – рессорный провод
- 4 – соединительный зажим

4. Сделать вывод о применении различных способов крепления проводов.

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Иллюстрация и пояснения к варианту крепления проводов на прямом участке линии.
3. Иллюстрация и пояснения к варианту крепления проводов в местах изменения направления линии.
4. Иллюстрация и пояснения к двойному креплению проводов.
5. Ответы на контрольные вопросы
6. Вывод.

### Практическое занятие № 65

Тема: Монтаж силовых кабелей

Цель: Изучить способы и методы прокладки силовых кабелей

#### Порядок выполнения занятия:

К началу монтажа кабельных линий должны быть полностью закончены строительные работы по сооружению каналов, траншей, подготовлены трассы, включая установку закладных деталей, выполнены отверстия и т.д.

Кабельные траншеи и здания до начала монтажа кабелей осматривает комиссия и принимает по акту.

1. Прокладка кабелей в земле. Кабельную трассу выполняют в соответствии с проектом. Расстояние между кабелями и инженерными сооружениями в местах пересечения и сближения должны удовлетворять требованиям ПУЭ. Траншеи, пересечения и вводы в здания выполняют строительные организации после сооружения всех подземных коммуникаций и планировки площади.

Подготовка трассы. Размеры траншеи должны соответствовать размерам, указанным на рис. 13.2, а. На дно подсыпают слой мелкой земли 100 мм, не содержащей камней, мусора, шлака. По трассе укладывают защитные трубы и глиняный обыкновенный кирпич (применение силикатного или дырчатого кирпича не допускается).

При близком расположении силовых кабелей с инженерными сооружениями необходимо соблюдать расстояния, указанные на рис. 13.2, б. На участках пересечения кабеля с инженерными сооружениями при условии его защиты асбоцементной или керамической трубой придерживаются размеров, показанных на рис. 13.2.

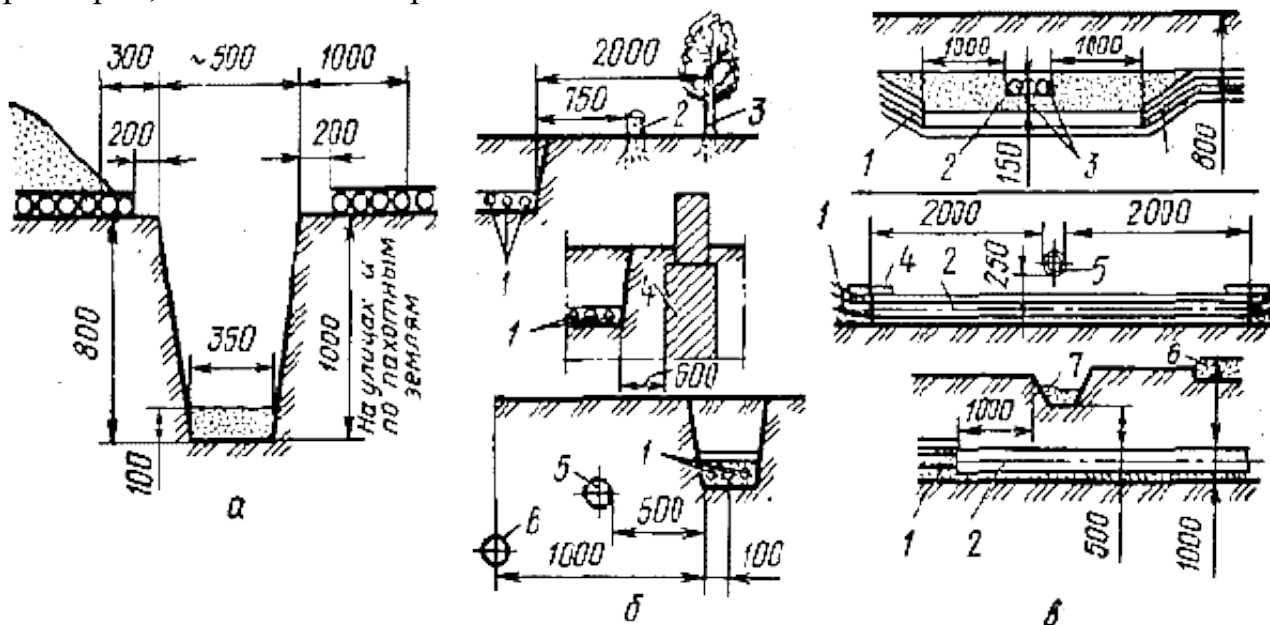


Рис. 13.2. Подготовка трассы для прокладки кабелей в земле: а - размеры траншеи для кабеля; б - минимальные расстояния при сближении силовых кабелей с насаждениями и сооружениями: 1 - кабель; 2 - кустарник; 3 - дерево; 4 - фундамент; 5 - водопровод; 6 - газопровод низкого давления; в - минимальные габаритные размеры при пересечении силовыми кабелями подземных сооружений и дорог: 1 - кабель; 2 - защитная труба; 3 - кабель связи; 4 - кирпичное покрытие; 5 - трубопровод; 6 - дорога; 7 - кювет

Раскатка и прокладка кабеля. Кабель до прокладки осматривают и испытывают, доставляют на трассу только при вертикальном положении барабана, сбрасывать барабаны с машин запрещается. Кабель раскатывают в траншею одним из способов: кабелеукладчиком, трубоукладчиком, домкратом.

Не допускается тянуть кабель по земле без раскаточных роликов. Кабель укладывают в траншею с запасом по длине 1...3 % (змейкой). При отрицательной температуре кабель прогревают и кладут с запасом 3...4%.

В местах установки соединительных муфт оставляют запас кабеля для повторной разделки и компенсации температурных деформаций (рис. 13.3, а). Комиссия проверяет кабель в траншее, составляет акт и дает разрешение на засыпку.

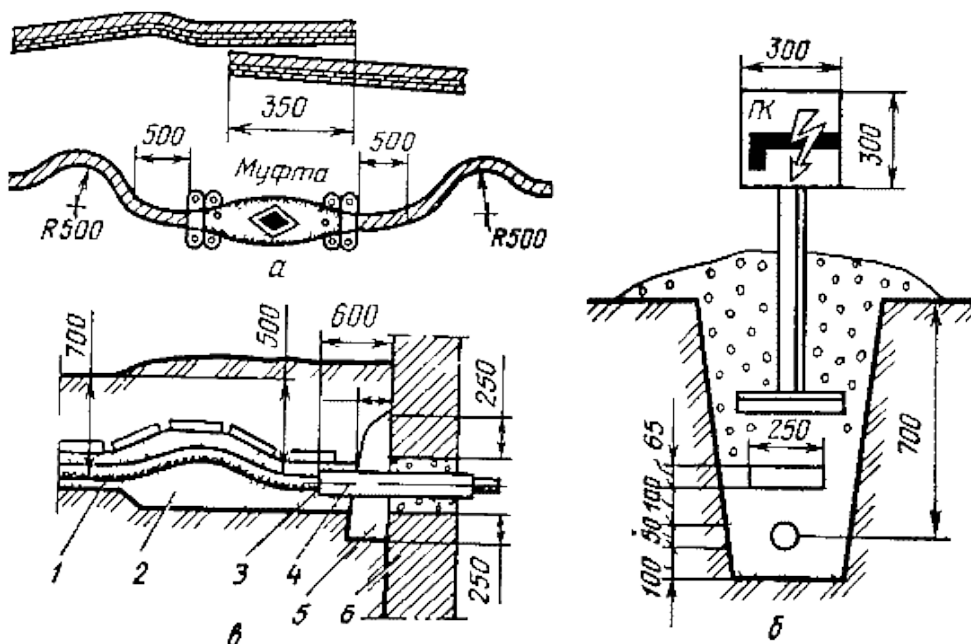


Рис. 13.3. Прокладка кабелей в траншеях:  
 а - запас кабеля для повторной разделки;  
 б - размещение в траншее кабеля, кирпича и опознавательного знака;  
 в - устройство ввода кабеля в здание:  
 1 - кабель; 2 - песок; 3 - уплотнение (джут); 4 - труба; 5 - гидроизоляция (глина); 6 - стена.

Кабель присыпают мягкой землей 100 мм, в местах защиты укладывают кирпич плотно, без зазоров и полностью засыпают траншею. Опознавательные знаки устанавливают в местах пересечений коммуникаций, на поворотах, на муфтах и на прямых участках трассы через 100 м (рис. 13.3, б).

Ввод кабеля в здание выполняют в трубе длиной не меньше 0,6 м с уплотнением и гидроизоляцией прохода (рис. 13.3, в).

2. Прокладка кабелей в производственных помещениях. Кабельные линии должны быть доступны для осмотра и ремонта. Кабели должны быть защищены на опасных участках от случайных механических повреждений и агрессивной среды.

Прокладываемые кабели не должны иметь горючих защитных покровов. При монтаже необходимо строго соблюдать нормируемые расстояния от кабелей до строительных оснований, оборудования, проходов.



Металлические кабельные конструкции, оболочки кабелей зануляют или заземляют и окрашивают.

Способы прокладки кабелей. Кабели прокладывают непосредственно по строительным основаниям с креплением скобами или по кронштейнам с креплением хомутами.

При большом числе кабелей их прокладывают по сборным кабельным конструкциям, которые состоят из кабельных стоек и кабельных полок или закладных подвесок. Потоки кабелей прокладывают в лотках или в коробках, закрепляемых на конструкциях (рис. 13.4).

Прокладку кабелей по железобетонным перекрытиям и конструкциям выполняют на тросах.

Технология прокладки кабелей. До начала работ проверяют состояние трассы, расстояния до других инженерных конструкций, наличие проемов. Для прокладки используют кабели с несгораемой наружной изоляцией.

Технология монтажа включает: раскатку кабеля с барабана по раскаточным роликам; подъем кабеля при помощи монтажных блоков; укладку кабеля на подвесы или в лотки. В лотках и коробках кабели лежат в 1...3 ряда без зазора.

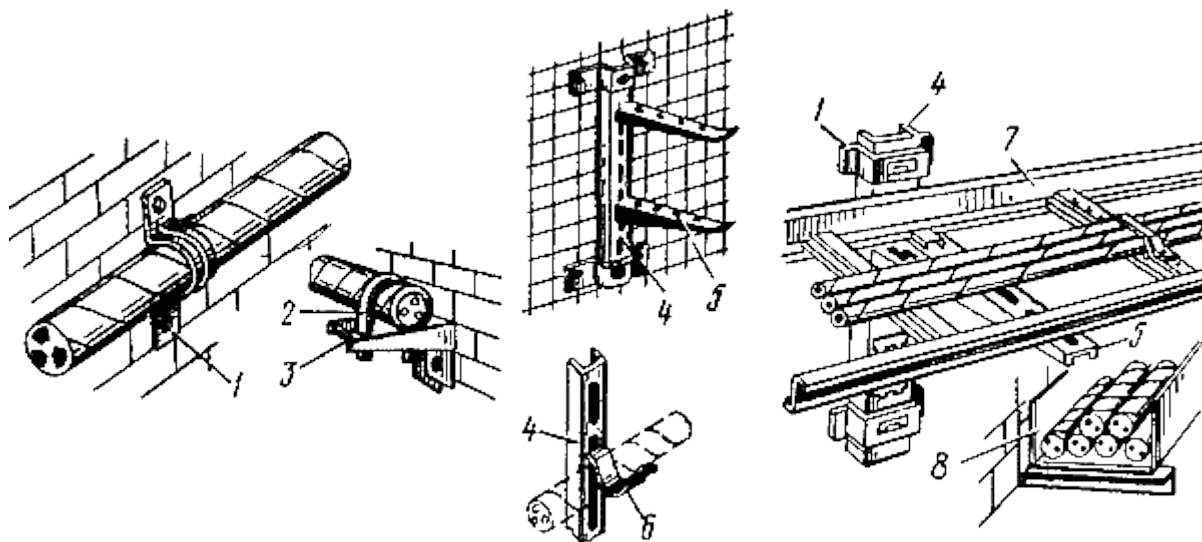


Рис. 13.4. Прокладка кабелей в производственных помещениях: 1 - скоба; 2 - хомут; 3 - кронштейн; 4 - кабельная стойка; 5 - кабельная полка; 6 - подвеска кабельная закладная; 7 - лоток; 8 - короб

### Практическое занятие № 66

Тема: Эксплуатационные инструкции, устанавливающие порядок эксплуатации электроустановок

Цель: Изучить эксплуатационные инструкции, устанавливающие порядок эксплуатации электроустановок

### Порядок выполнения занятия:

1. Обязанности, ответственность потребителей за выполнение правил.
2. Приемка в эксплуатацию электроустановок.
3. Требования к персоналу и его подготовка.
4. Управление электрохозяйством.
5. Техобслуживание, ремонт, модернизация и реконструкция.
6. Правила безопасности и соблюдения природоохранных требований.
7. Техническая документация.
8. Вывод.

### Практическое занятие № 67

Тема: Оперативная документация

Цель: Приобретение навыков и ознакомление с основной оперативно-технической документацией линейного подразделения

#### Оборудование:

- 1) Наряд или распоряжение;
- 2) Оперативный журнал;
- 3) Журнал осмотров аккумуляторной батареи;
- 4) Журнал приема и сдачи смены.

### Порядок выполнения занятия:

1. Перечислить всю техническую документацию на подстанции.
2. Заполнить журнал осмотров и неисправностей.
3. Заполнить оперативный журнал (допуск по наряду, допуск по распоряжению, работа в порядке текущей эксплуатации).
4. Заполнить журнал аккумуляторной батареи.
5. Заполнить журнал учета расхода электроэнергии.

Таблица 29.1

Оперативный журнал

№ п/п	Дата	Время(час, мин)	Кому илютого	е прика за,уве домле ния или заявки	Ктопередал (Ф.И.О.)	Кто принял (Ф.И.О.)	Утвержд ено (час, мин)	Отметка обисполнении

Таблица 29.2

## Журнал осмотров и неисправностей

Дата	Место обнаружения неисправности	Описание обнаружения неисправности	Отметка о необходимости устранения	Подпись лица обнаружившего неисправность

Таблица 29.3

## Журнал аккумуляторной батареи

Дата	На шинах	На	Число резервных банок	Контрольные банки												Подпись	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	64		

Таблица 29.4

## Журнал учета расхода электроэнергии

Дата	Ввод -1- 10кВ (500)		ВИПЭ (400)		Фп/Э -10 кВ (240)	
	Акт.	Расход	Акт.	Расход	Акт.	Расход
1	2	3	4	5	6	7
ТСН (30)		Сетевой район (200)		Маслохозяйство (3)		Общий
Акт.	Расход	Акт.	Расход	Акт.	Расход	Расход
8	9	10	11	12	13	14

б. Сделать вывод о проделанной работе.

### Практическое занятие № 68

Тема: Документация по организации эксплуатации установок и обеспечения электробезопасности

Цель: Изучить документацию по организации эксплуатации установок и обеспечения электробезопасности

#### Порядок выполнения занятия:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП).

3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ).

4. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках.

5. Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве.

6. Сделать вывод о проделанной работе.

### **Практическое занятие № 69**

Тема: Акт осмотра электроустановки

Цель: Изучить порядок заполнения акта осмотра электроустановки

#### **Порядок выполнения занятия:**

1. Представитель органа госэнергонадзора составляет акт осмотра электроустановок с заключением о возможности (или невозможности) их ввода в эксплуатацию

2. При составлении акта осмотра электроустановок с заключением о невозможности ввода в эксплуатацию электроустановок. Все выявленные замечания и нарушения должны быть обоснованными и указываться в акте осмотра электроустановок со ссылкой на требования нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов.

3. Акт осмотра электроустановок с заключением о возможности ввода в эксплуатацию электроустановок оформляется при отсутствии фактов нарушений.

4. Акт осмотра электроустановок оформляется в трех экземплярах. Первый экземпляр акта осмотра электроустановок остается в органе госэнергонадзора, второй – направляется в энергоснабжающую организацию или владельцу электрической сети, третий – направляется либо передается потребителю.

5. Сделать вывод о проделанной работе.

**АКТ  
осмотра электроустановок**

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_ (место составления)

1. Мною, \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, собственное имя, отчество (если таковое  
имеется) лица, составившего акт)

в присутствии \_\_\_\_\_  
(должность, фамилия, собственное имя, отчество (если таковое имеется) заявителя  
(представителя заявителя), данные документа, удостоверяющего личность, и документ, подтверждающий  
полномочия представителя (для граждан); наименование юридического лица (фамилия, собственное имя,  
отчество (если таковое имеется) индивидуального предпринимателя); местонахождение юридического  
лица (место жительства, место пребывания индивидуального предпринимателя, гражданина);  
подчиненность (при наличии); учетный номер плательщика,  
реквизиты текущего (расчетного) счета (при их наличии)

составлен настоящий акт осмотра электроустановок, находящихся по адресу:  
\_\_\_\_\_  
(наименование объекта и его адрес)  
в связи с \_\_\_\_\_  
(причина осмотра электроустановок)

2. Технические условия на присоединение электроустановок потребителя к  
электрической сети \_\_\_\_\_  
(кем и когда выданы, разрешенная к использованию мощность  
с разбивкой по категориям надежности электроснабжения,  
в том числе для целей нагрева, точка присоединения к электрической сети)

3.\* Электромонтажные работы выполнены \_\_\_\_\_  
(наименование организации)

в соответствии с проектом \_\_\_\_\_  
(наименование и номер проекта)  
разработанным \_\_\_\_\_  
(наименование проектной организации)

Акт технической готовности электромонтажных работ от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

4. Краткое описание предъявляемых к осмотру электроустановок, данные приборов  
учета: \_\_\_\_\_  
(наименование электроустановки,  
состав и характеристика электроустановок (тип, мощность, напряжение, количество),

данные средств расчетного учета электрической энергии (мощности) (тип, дата государственной поверки

и показания средств расчетного учета электрической энергии, коэффициент трансформации

трансформаторов тока и напряжения)

5. При осмотре электроустановок:

№ п/п	Выявлены нарушения (недостатки)	Технический нормативный правовой акт, требования которого нарушены, номер пункта
1	2	3

6. Заключение:

(ввод электроустановки в эксплуатацию

возможен (невозможен) по постоянной схеме электроснабжения

(по временной схеме до (дата), по постоянной схеме на время проведения

пусконаладочных работ до (дата)

Государственный инспектор  
по энергетическому надзору

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

При осмотре присутствовал:

\_\_\_\_\_ (должность)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

С актом ознакомлен, один экземпляр получил:

\_\_\_\_\_ (должность)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

С заявителем \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

проведена беседа по электробезопасности и вручена памятка по электробезопасности.

\* Заполняется для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

## **Практическое занятие № 70**

Тема: Журнал технического осмотра

Цель: Изучить порядок заполнения журнала технического осмотра

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Ознакомление с методическими рекомендациями по оформлению и заполнению «Журнал осмотра электрооборудования»
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Оформление титульного листа «Журнал осмотра электрооборудования» (Приложение 1).
4. Заполнение страницы «Журнала осмотра электрооборудования» (Приложения 2).
5. Сделать вывод о проделанной работе.

# ЖУРНАЛ

## осмотра электрооборудования

---

Начат «    » \_\_\_\_\_ 20    г.

Окончен «    » \_\_\_\_\_ 20    г.





## **Краткие теоретические сведения**

Для того, чтобы силовые трансформаторы находились в требуемом (хорошем) техническом состоянии, необходимо регулярно осуществлять плановые освидетельствования, регламенты и другие технические мероприятия, такие как планово-предупредительный ремонт. Под планово-предупредительным ремонтом силовых трансформаторов подразумевают текущее обслуживание между ремонтами, слежение за удовлетворительным состоянием трансформаторов, капитальный ремонт, текущий ремонт.

Ремонт трансформаторов крупных габаритов, как правило, производят в трансформаторной мастерской. Специализированные мастерские и заводы располагают необходимыми производственными площадями, грузоподъемными устройствами, технологическим оборудованием, инструментами, приспособлениями и другими материальными и энергетическими ресурсами. В соответствии с технологическим процессом в мастерских имеются производственные участки, на которых изготавливают и ремонтируют отдельные сборочные единицы и части трансформаторов. На каждый трансформатор, поступивший в ремонт, составляют дефектную ведомость и ведомость объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов. На основании этих документов и нормативов трудозатрат заполняют маршрутную карту, являющуюся основным регламентирующим документом.

В зависимости от состояния обмоток их меняют, ремонтируют или оставляют в прежнем исполнении; при необходимости производят также полную переборку пластин остова с их полной или частичной переизолировкой.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Провести внешний осмотр трансформатора.
2. Проанализировать протоколы предыдущих испытаний трансформатора. По результатам испытаний определить возможные неисправности внутренних частей трансформатора.
3. Составить дефектную ведомость на капитальный ремонт с указанием неисправностей, необходимых запасных частей и материалов. Наличие внутренних дефектов уточняется при вскрытии трансформатора с последующей корректировкой дефектной ведомости.
4. Подпись дефектной ведомости.
5. Вывод.

### **Содержание отчета:**

1. При внешнем осмотре трансформатора выявлены следующие повреждения:

- а) трещина фарфоровой изоляции маслonaполненного ввода 110 кВ фазы С;
- б) резиновая прокладка крышки бака в нескольких местах выдавлена наружу;
- в) течь масла в сварном соединении сливной задвижки с баком трансформатора;
- г) течь масла из под фланца ввода 110кВ фазы А.

2. При анализе протоколов предыдущих испытаний выявлено:

- а) завышено омическое сопротивление постоянному току обмотки ВН фазы А в пятом положении РПН;
- б) завышен ток холостого хода.

После вскрытия трансформатора выявлено:

- 1) на шпильке крепления вывода отпайки пятого положения РПН фазы А слабый контакт (следы побежалости);
- 2) нарушена изоляция 2х стягивающих сердечник шпилек.

3. Составляем дефектную ведомость по результатам внешнего и внутреннего осмотров.

№ п/п	Наименование узла, детали	Описание дефекта	Способ устранения
1.	Вывод фазы С	Трещина фарфоровой изоляции течь масла из неё	Замена ввода.
2.	Крышка бака	Деформирована резиновая прокладка крышки бака трансформатора	Замена.
3.	Бак. Место расположения сливной задвижки	Трещина в сварном шве крепления задвижки к баку	Заваривание шва с внешней стороны бака
4.	Ввод фазы А	Течь масла из под резиновой прокладки между фланцем ввода и крышкой бака	Замена после выемки ввода
5.	РПН	Некачественный контакт на шпильке крепления вывода отпайки обмотки фазы А в пятом положении РПН	Разобрать соединение, зачистить детали контакта шлифовальной бумагой, собрать соединение
6.	Сердечник трансформатора	Повреждена бумажная изоляция 2х стяжных шпилек, что явилось причиной повышения тока холостого хода	Вынуть шпильки, восстановить их изоляцию, собрать соединение

4. Составленную ведомость подписывают: представитель эксплуатирующей организации, организации ведущей ремонт, если его выполняет специализированная организация.

5 . Вывод:

## **Практическое занятие № 72**

Тема: Протокол визуального осмотра

Цель: приобретение навыков в оформлении протокола визуального осмотра.

### **Краткие теоретические сведения**

**Протокол визуального осмотра Электроустановки** - проверяется наличие схем электроснабжения, надёжность крепления, соответствие приборов учёта электрической энергии, трансформаторов, обращается особое внимание на маркировку проводов и их фазировку, сечение кабеля, работоспособность автоматических выключателей и их соответствие установленным нормам, качество крепления проводов к аппаратам защиты. Конструкции и корпуса из металла должны быть в обязательном порядке заземлены. Все измерительные работы выполняются в соответствии с ПУЭ, ПТЭЭП.

Подлежат визуальному осмотру и распаечные коробки, проверяется надёжность соединения проводов в них, а также способы соединения. Производится проверка электроустановки на соответствие ПУЭ, согласно которым любое электрооборудование обязательно должно заземляться соответствующим способом.

### **Порядок выполнения занятия:**

1. Первоочередная задача заключается в проверке вводно-распределительного узла (ВРУ).
2. Провести проверку распределительных щитов.
3. Проверка устройств автоматического включения резервного питания (АВР).
4. Совокупность проводников, обеспечивающих соединение устройств управления и автоматики, образуют вторичные цепи. Визуальный контроль выявляет дефекты изоляции, отсутствие маркировки и прочие их недостатки.
5. Трансформаторы, включая измерительные, визуально могут быть исследованы на качество сердечников (уровень шума). Также проверяется качество проводов и их соединений.

6. Электросчетчики, проверяются на отсутствие механических повреждений (целостность) и наличие пломбирования в соответствующих местах корпуса. Особое внимание уделяется работе механизма, который должен передавать данные на счетное устройство.

7. Защитные устройства (автоматы, УЗО, плавкие предохранители и другие) оцениваются по внешнему виду. Их номиналы сверяются с документацией.

8. Электропроводка, включая кабельное хозяйство, проверяется на предмет надежности крепления, дефектов изоляции (сопротивление будет измерено позже), наличия маркировки. Недопустимо использование скруток и подобных вещей.

9. Надежность крепления и соответствие мощности ламп выявляются для осветительных приборов. Здесь же осматривается состояние их выключателей.

10. Системы молниезащиты и заземляющие устройства проверяются на наличие механических или коррозионных повреждений. Качество и точность последующих измерений в немалой степени зависят от состояния этих систем. Поэтому заземлять электроустановку нужно особо тщательно.

11. Вывод.

**ПРОТОКОЛ №**  
**Визуальный осмотр электроустановки**  
" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

№ п/п	Наименование составных элементов электроустановок	Нормативная документация и перечень пунктов, устанавливающих требования и значения проверяемых характеристик	Результаты осмотра
1	2	3	4
1	Щитовые помещения	ПУЭ 1.1.33, 1.7.72, 7.1.28-7.1.31, 7.2.18-7.2.21	
2	Распределительные устройства напряжением до 1000 В: - вводные и вводно-распределительные устройства (ВУ, ВРУ) - главные и вторичные распределительные щиты: групповые, этажные, квартирные - щиты и щитки для питания рекламного освещения, витрин, фасадов, наружного освещения и иллюминации, противопожарных устройств, систем диспетчеризации, световых указателей и огней светового ограждения, звуковой и другой сигнализации, силовых установок	ПУЭ 1.1.29, 1.1.30, 1.1.31 (п. 2), 1.1.34, 1.5.35, 1.7.67-1.7.70, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.11-4.1.15, 4.1.23, 4.1.24, 7.1.13, 7.1.18-7.1.31	
3	Устройства автоматического включения резервного питания (АВР)	ПУЭ 3.3.30-3.3.33, ГОСТ Р 50571.7-94 п. 465.1, 465.2	
4	Вторичные цепи	ПУЭ 1.7.85, 3.4.4, 3.4.5 (п. 1.4), 3.4.9, 3.4.10, 3.4.12-3.4.14, 3.4.16, 3.4.18	
5	Измерительные трансформаторы	ПУЭ 1.5.16, 1.5.18, 1.5.23, 1.5.36, 1.5.37	
6	Приборы учета электроэнергии	ПУЭ 1.5.13, 1.5.15, 1.5.22, 1.5.27, 1.5.29-1.5.38, 7.1.59-7.1.66, ГОСТ Р 50669-94 п. 4.2.9	
7	Аппараты защиты электрических сетей (до 1000 В)	ПУЭ 1.7.50, 1.7.58, 1.7.59, 1.7.62, 1.7.78-1.7.81, 1.7.151, 3.1.5-3.1.8, 3.1.14-3.1.18, 6.1.33-6.1.35, 6.2.2, 7.1.24-7.1.26, 7.1.71-7.1.86, 7.1.88, ГОСТ Р 50571.5-94 п. 431 - 436, ГОСТ Р 50571.7-94 п. 461.1, 464, ГОСТ Р 50669-94 п. 4.2.6, 4.2.9	
8	Электропроводки (питающие, распределительные и групповые сети)	ПУЭ 1.1.29, 1.7.73, 1.7.85, 2.1.14-2.1.17, 2.1.21-2.1.31, 2.1.35, 2.1.37-2.1.52, 2.1.54-2.1.61, 2.1.64, 2.1.66-2.1.79, 7.1.13, 7.1.16, 7.1.20, 7.1.21, 7.1.32, 7.1.34-7.1.45, 7.1.68, 7.1.69, 7.1.74, 7.2.9, 7.2.22, 7.2.23, 7.2.51-7.2.57, ГОСТ Р 50571.3-94 п. 411.1.1.3.1, 411.1.3.2, ГОСТ Р 50571.11-96 п. 701.52, ГОСТ Р 50571.12-96 п. 703.52, ГОСТ Р 50571.15-97	
9	Кабельные линии внутри зданий	ПУЭ 2.3.15, 2.3.18, 2.3.20, 2.3.21, 2.3.23, 2.3.33, 2.3.40, 2.3.42, 2.3.65, 2.3.71, 2.3.72, 2.3.107, 2.3.109, 2.3.110, 7.1.34, 7.1.42, 7.1.43	
10	Внутреннее освещение: - осветительная арматура и патроны - электроустановочные изделия	ПУЭ 1.7.73, 1.7.74, 1.7.146, 6.1.10, 6.1.11, 6.1.13, 6.1.14, 6.1.16, 6.1.21-6.1.22, 6.1.24-6.1.28, 6.1.31-6.1.34, 6.1.36, 6.1.44, 6.2.1-6.2.15, 6.6.1-6.6.6, 6.6.8-6.6.16, 6.6.18-6.6.31, 7.1.46-7.1.54, 7.1.68-7.1.70, 7.2.27-7.2.38, ГОСТ Р 50571.11-96 п. 701.53, ГОСТ Р 50571.12-96 п. 703.51, 703.53, ГОСТ Р 50669-94 п. 6.2.11	
11	Наружные установки (рекламное освещение, иллюминация, подсвечивающие устройства, огни габаритного ограждения)	ПУЭ 6.1.13, 6.1.15, 6.3.21, 6.3.22, 6.4.1-6.4.12, 7.1.55, 7.1.56	
12	Маркировка элементов электроустановки, буквенно-цифровые и цветовые маркировки токоведущих проводников, нулевых рабочих и защитных проводников, выводов аппаратов	ПУЭ изд. 6 гл. 1.5.35, 2.1.31-2.1.39, 2.3.23, 3.1.7, 3.4.9	
13	Заземляющие устройства	ПУЭ 1.7.54-1.7.56, 1.7.59, 1.7.61, 1.7.74, 1.7.76-1.7.80,	

№ п/п	Наименование составных элементов электроустановок	Нормативная документация и перечень пунктов, устанавливающих требования и значения проверяемых характеристик	Результаты осмотра
		1.7.86, 1.7.102, 1.7.103, 1.7.109-1.7.113, 1.7.116-1.7.118, 1.7.121-1.7.135, 1.7.139-1.7.145, 6.1.37-6.1.44, 7.1.67-7.1.70, 7.2.58-7.2.60, ГОСТ Р 50571.3-94 п. 413.4.1, 413.4.2, ГОСТ Р 50571.7-94 п. 461.2, 465.1.2, 465.1.5, ГОСТ Р 50571.10-96 п. 542-546, ГОСТ Р 50571.11-96 п. 701.413.1.6, 701.417.2, ГОСТ Р 50669-94 п. 4.3.3-4.3.5	
14	Уравнивание потенциалов	ПУЭ 1.7.60, 1.7.82-1.7.83, 1.7.119, 1.7.120, 1.7.136-1.7.140, 1.7.142-1.7.144, 1.7.146, 7.1.87, 7.1.88, ГОСТ Р 50571.10-96 п. 547	
15	Система молниезащиты	СО-153-34.21.122-2003, ГОСТ Р 50669-94 п. 4.3.6	

**Заключение:** По результатам визуального осмотра электроустановка требованиям нормативной и проектной документации в соответствии с ГОСТ Р 50571.16-2007 часть 6 соответствует, за исключением...

Осмотр проводили:

### 3. Критерии оценки практического занятия

«5» «отлично» - самостоятельно и правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия, ссылаясь на нормативно-правовую базу.

«4» «хорошо» - самостоятельно и в основном правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия.

«3» «удовлетворительно» - в основном решил учебно-профессиональную задачу или задание, допустил несущественные ошибки, слабо аргументировал свое решение, используя в основном понятия.

«2» «неудовлетворительно» - не решил учебно-профессиональную задачу или задание.

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

### 1. Описание

Курсовой проект проводится с целью систематизации знаний и умений обучающихся по междисциплинарному курсу МДК 02.02 Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения. Его выполнение позволяет получить следующий практический опыт:

- проектировать контактную сеть электрифицированного участка железной дороги;
- анализировать исходные условия;

- обобщать расчётные параметры;
- осуществлять выбор необходимого оборудования;
- разрабатывать мероприятия для решения поставленных в курсовой работе /курсовом проекте задач.

## **2. Примерные темы курсовых проектов (работ)**

Тема 1 Проектирование участка контактной сети постоянного тока.

Тема 2 Проектирование участка контактной сети переменного тока

Исходные данные для выполнения проекта № (по вариантам).

Схема станции № (по вариантам).

Характеристика цепной подвески.

Метеоусловия.

Данные для трассировки контактной сети на станции.

Данные для трассировки контактной сети на перегоне.

Состав проекта.

(Расчетно-пояснительная часть состоит из следующих разделов)

Введение.

Определение расчётных нагрузок на провода.

Определение максимально-допустимых длин пролётов.

Описание схемы питания и секционирования контактной сети.

Монтажный план контактной сети станции (описание).

Монтажный план контактной сети перегона (описание)

Охрана труда.

Безопасность движения.

Графическая часть.

Схема питания и секционирования контактной сети станции и прилегающих перегонов.

Монтажный план контактной сети станции.

Монтажный план контактной сети перегона.

Методические указания по выполнению проекта.

Схема питания и секционирования выполняется на белой бумаге или на миллиметровой бумаге формат А4.

Монтажный план контактной сети станции выполняется на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1000.

Монтажный план контактной сети перегона выполняется на миллиметровой бумаге в масштабе 1:2000.



Расчётная часть и пояснительная записка выполняются на белой бумаге формат А4.

Рекомендуемая литература:

1. Грицык, В.И. Электрификация железных дорог (организация работ по электрификации железных дорог) [Электронный ресурс]: учеб.пособие / В.И. Грицык, В.В. Грицык. - Электрон.дан. - Москва: УМЦ ЖДТ, 2014. - 70 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58983>.
2. Чекулаев, В.Е. Устройство и техническое обслуживание контактной сети [Электронный ресурс]: учеб.пособие - Электрон. дан. - Москва: УМЦ ЖДТ, 2014. - 436 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60667>.
3. Южаков Б.Г. Ремонт и наладка устройств электроснабжения: учеб.пособие. - М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. - 567 с..
4. Чекулаев, В.Е. Охрана труда и электробезопасность [Электронный ресурс]: учеб. / В.Е. Чекулаев, Е.Н. Горожанкина, В.В. Лепеха. - Электрон.дан. - Москва: УМЦ ЖДТ, 2012. - 304 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4195>.
5. Илларионова, А.В. Безопасность работ при эксплуатации и ремонте оборудования устройств электроснабжения: учеб.пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Илларионова, О.Г. Ройзен, А.А. Алексеев. - Электрон.дан. - Москва: УМЦ ЖДТ, 2017. - 210 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99621>.
6. Зимакова А.Н., Гиенко В.М., Скворцов В.А. Контактная сеть электрифицированных железных дорог. Расчёты, выбор конструкций и составление монтажных планов: учеб. Пособие. – 2-е стер. Изд. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011.

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Срок выполнения проекта \_\_\_\_\_

Руководитель курсового  
Проекта \_\_\_\_\_

Исходные данные на курсовой проект по контактной сети № (по вариантам).  
Характеристика цепной подвески.

№	Данные	Характеристика
1	Система тока	
2	Контактная подвеска на перегоне и главных путях станции: Несущий трос Контактные провода	

3	Контактная подвеска на боковых путях станции: Несущий трос Контактные провода	
4	Тип контактной подвески главных и боковых путей станции	
5	Тип контактной подвески перегона	
6	Конструктивная высота контактной подвески $h$ , м	
7	Тип консолей	
8	Количество изоляторов в подвесной гирлянде, штук	
9	То же, в подвесной гирлянде на жесткой поперечине при переменном токе, шт.	
10	Расстояние между двумя контактными проводами, мм.	

#### Метеорологические условия.

№	Данные	Характеристика
1	Ветровой район	
2	Гололёдный район	
3	Удельная плотность гололёда $\nu$ , даН/м <sup>3</sup>	
4	Местность с шероховатостью поверхности $Z_0$	

#### Данные для трассировки контактной сети на станции.

№	Данные	Характеристика
1	Участок	
2	Схема станции № (по вариантам)	
3	Марка крестовин стрелок	
4	Размер здания ТП по рисунку	
5	Расстояние от здания ТП до оси I пути, м	
6	Размер пассажирского здания ПЗ, м	
7	Расстояние ПЗ до оси I пути, м	
8	Низкие пассажирские платформы расположены симметрично относительно оси ПЗ, их размер, м	

#### Данные для трассировки контактной сети на перегоне.

№	Данные	Характеристика
1	Входной сигнал заданной станции	
2	Ось переезда шириной 6 м	
3	Начало кривой радиусом $R=(\text{по вариантам})$ м, центр справа, слева (по вариантам) по ходу км	

4	Конец кривой	
5	Начало выемки глубиной $h=(\text{по вариантам})$ м	
6	Конец выемки	
7	Ось оврага небольшой ширины	
8	Начало насыпи высотой $H=$ (по вариантам)	
9	Ось металлического моста через реку с ездой по низу длиной $L=$ (по вариантам)	
10	Конец насыпи	
11	Ось каменной трубы с отверстием 1,1 м	
12	Входной сигнал следующей станции	

### 3. Критерии оценки

**«5» «отлично»** - выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в полном объеме; используется основная литература по проблеме, проект отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлен с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

**«4» «хорошо»** - выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в полном объеме; проект отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлен с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

**«3» «удовлетворительно»** - выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

**«2» «неудовлетворительно»** - выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них.

## 2.3. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ КУРС МДК.02.03 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Проверка и оценка усвоения обучающимися учебного материала, сформированности умений и навыков являются необходимым компонентом процесса обучения. Это не только **контроль** результатов обучения, но и **руководство** познавательной деятельностью обучающихся на разных стадиях учебного процесса.

Проверка и оценка знаний должны удовлетворять определенным дидактическим требованиям: систематичность, регулярность проверки и контроля обязательны.

Оценка знаний носит индивидуальный характер. Каждый обучающийся должен знать, что оцениваются его знания, его умения и навыки.

Знания, умения и навыки проверяются и оцениваются с точки зрения выполнения материала, заложенного в учебной программе профессионального модуля. Качество усвоения содержания программ – основной критерий оценки знаний.

Проверяя и оценивая усвоение обучающимися теоретического и фактического материала, нужно видеть влияние получаемых знаний на общее и умственное развитие, на формирование качеств личности, на отношение к учебе. Проверка знаний помогает преподавателю видеть процесс развития обучающегося, процесс формирования умственных, моральных, эмоциональных и волевых качеств личности.

Формы проверки знаний обучающихся представлены ниже.

## **ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

### **УСТНЫЙ ОПРОС**

#### **1. Описание**

Устный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На проведение опроса отводится 15 минут.

#### **2. Критерии оценки устных ответов**

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых

ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

### 3. Примерные вопросы

Раздел/Тема	Вопросы
Раздел 11. Основные понятия и виды релейных защит (РЗ)	
Тема 11.2 Основные элементы РЗ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принцип действия электромагнитного реле тока.</li> <li>2. Принцип действия электромагнитного реле напряжения.</li> <li>3. Технические характеристики реле тока.</li> <li>4. Технические характеристики реле напряжения.</li> <li>5. Конструкцию промежуточного реле.</li> <li>6. Технические характеристики промежуточного реле.</li> <li>7. Принцип действия промежуточного реле.</li> <li>8. Конструкцию указательного реле.</li> <li>9. Технические характеристики указательного реле.</li> <li>10. Принцип действия указательного реле.</li> <li>11. Конструкцию реле мощности.</li> <li>12. Технические характеристики реле мощности.</li> <li>13. Классификация реле мощности.</li> <li>14. Принцип действия реле мощности.</li> <li>15. Модернизация реле</li> <li>16. Плюсы и минусы использования механических реле</li> </ol>
Тема 11.3 Токовые защиты	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислить токовые релейные защиты.</li> <li>2. Объяснить, в каких случаях применяют релейные защиты с контролем напряжения.</li> <li>3. Пояснить, в каких случаях применяют релейные защиты с контролем направления мощности.</li> <li>4. Назвать, какие параметры контролируются дистанционной защитой.</li> </ol>

<p>Раздел 12. Релейная защита отдельных элементов системы электроснабжения</p>	<p>5. Указать, что контролируют дифференциальные защиты.</p>
<p>Тема 12.1 Релейная защита электрических сетей и оборудования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислить виды защит кабельных линий.</li> <li>2. Перечислить виды защит силовых трансформаторов.</li> <li>3. Назвать отличия максимальной токовой защиты от токовой отсечки для линий электропередачи.</li> <li>4. Назвать отличия максимальной токовой защиты от токовой отсечки для линий трансформаторов.</li> <li>5. Перечислить виды защит высоковольтных присоединений различного назначения</li> </ol>
<p>Раздел 13. Противоаварийная автоматика</p>	
<p>Тема 13.1 Устройства автоматики в системе электроснабжения</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что является объектом управления в устройствах автоматики?</li> <li>2. Что является органами воздействия в устройствах автоматики?</li> <li>3. В каком случае должны приходить в действие устройства АПВ?</li> <li>4. Чем определяется время действия устройств АПВ?</li> <li>5. С какой целью выполняется ускоренное отключение выключателя от максимальной токовой защиты?</li> <li>6. С какой целью производится контроль синхронизма в схеме АПВ линии с двухсторонним питанием?</li> <li>7. С какой выдержкой времени должны срабатывать устройства АВР СЦБ?</li> <li>8. Какие выключатели должны быть отключены для срабатывания АВР?</li> <li>9. Где должно присутствовать напряжение для срабатывания устройства АВР?</li> <li>10. Где должно отсутствовать напряжение для запуска АВР?</li> </ol>
<p>Раздел 14. Техническое</p>	

обслуживание релейной  
защиты и автоматики

Тема 14.1 Нормы  
приемосдаточных  
испытаний

1. *Описать порядок проведения технических осмотров устройств релейной защиты и автоматики.*
2. *Изложить технологию измерения сопротивления изоляции цепей РЗА с указанием используемых приборов и инструментов.*
3. *Назвать порядок проведения опробований устройств релейной защиты и автоматики.*
4. *Изложить порядок проведения работ при подготовке устройств релейной защиты и автоматики к новому включению.*
5. *Описать особенности технического обслуживания микропроцессорных устройств релейной защиты.*

Тема 14.2 Техническое  
обслуживание аппаратов  
управления, защиты и  
устройств автоматики

1. *Перечислить этапы выполнения работ при профилактическом восстановлении устройств РЗА.*
2. *Перечислить проверки, которые входят в ежедневные обязанности оперативного (оперативно-ремонтного) персонала тяговой подстанции при сдаче-приеме смены.*
3. *Указать, что проверяет оперативно-ремонтный персонал бригады релейной защиты РРУ при технических осмотрах устройств РЗА.*
4. *Перечислить условия проведения комплексной проверки устройств РЗА и сигнализации.*
5. *Назвать, какие инструкции определяют требования к проведению комплексных проверок устройств релейной защиты и автоматики.*

Раздел 15. Техническое  
обслуживание  
автоматизированных  
систем управления

Тема 15.1  
Автоматизированные  
системы управления

1. *Назвать, что является объектом управления в АСУ.*
2. *Назвать, в каком режиме работы системы электроснабжения срабатывают автоматические устройства первого уровня.*

Тема 15.2 Обслуживание  
автоматизированных  
систем управления

3. Пояснить, что такое сигнал.
4. Пояснить, что называется сообщением.
5. Назвать, что является единицей количества информации.
6. Назвать, какие устройства называют телемеханическими.
7. Указать назначение устройств телеуправления.
8. Указать назначение устройств телесигнализации.
9. Указать назначение устройств телеизмерения.
10. Перечислить способы разделения каналов связи.
11. Пояснить, каким образом организуется частотное разделение каналов связи.
12. Перечислить классификацию каналов связи.
1. Назвать, какими нормативными документами следует руководствоваться при проверке телемеханических устройств.
2. Указать порядок проверки работы стойки в режиме телеуправления и телесигнализации.
3. Описать порядок проведения опробований устройств телемеханики.
4. Изложить технологию проведения профилактического контроля устройств телемеханики с указанием используемых приборов и инструментов.
5. Перечислить этапы профилактического восстановления устройств телемеханики.
6. Перечислить особенности технического обслуживания микропроцессорных устройств телемеханики.
7. Перечислить виды работ, выполняемые при профилактическом контроле устройств телемеханики.
8. Указать периодичность осмотров частотных каналов телемеханики.
9. Перечислить неисправности мультиплексора стойки телемеханики, выявляемые с помощью самодиагностики.  
Указать причины неисправностей и методы



*их устранения.*

*10. Перечислить неисправности контроллера стойки телемеханики, выявляемые с помощью самодиагностики. Указать причины неисправностей и методы их устранения.*

*11. Перечислить неисправности модема стойки телемеханики, выявляемые с помощью самодиагностики. Указать причины неисправностей и методы их устранения.*

## **ПИСЬМЕННЫЙ ОПРОС**

### **1. Описание**

Письменный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На проведение опроса отводится 20 минут.

### **2. Критерии оценки письменных ответов**

**«5» «отлично»** - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«4» «хорошо»** - в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«3» «удовлетворительно»** - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

**«2» «неудовлетворительно»** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

### **3. Примерные задания**

Раздел/Тема  
Раздел 11. Основные понятия и  
виды релейных защит (РЗ)  
Тема 11.2 Основные элементы РЗ

Задания

**Вариант – 1**

1. Дать определение релейной защиты.
2. Начертить и дать определение продольной взаимосвязи.
3. Начертить и охарактеризовать ненормальный режим работы электроустановок.
4. Дать определение «Реле» и описать конструкцию реле.
5. Расшифровать «FU, QN, KW, KQQ, SB».

**Вариант – 2**

1. Указать назначение релейной защиты.
2. Начертить и дать определение поперечной взаимосвязи.
3. Начертить и охарактеризовать аварийный режим работы электроустановок.
4. Классификация реле по конструкции и принципу действия, по способу воздействия.
5. Расшифровать «FV, QF, KH, KCC, HLG».

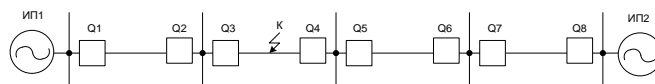
**Вариант – 3**

1. Указать виды релейной защиты.
2. Начертить структурную схему релейной защиты.
3. Начертить и охарактеризовать нормальный режим работы электроустановок.
4. Классификация реле по способу включения, по назначению.
5. Расшифровать «KM, QR, KSG, KQT, YAC»

Тема 11.3 Токовые защиты

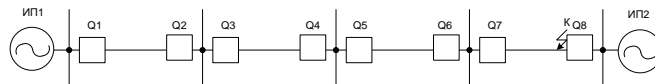
**Вариант – 1**

- Начертить ступени дистанционной защиты и указать срабатывание при КЗ.



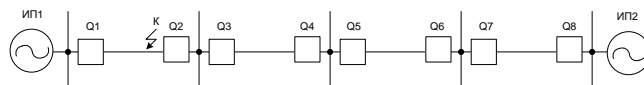
### Вариант – 2

Начертить ступени дистанционной защиты и указать срабатывание при КЗ.



### Вариант – 3

Начертить ступени дистанционной защиты и указать срабатывание при КЗ.



Раздел 12. Релейная защита отдельных элементов системы электроснабжения  
Тема 12.1 Релейная защита электрических сетей и оборудования

Рассчитать уставку срабатывания максимальной токовой защиты силовых трансформаторов.

Вариант	$I_{к.мин}^{(2)}$ , А	$K_{сх}$	$S_{н.тр}$ , кВА	$U_{н.тр}$ , кВ	$I_{н.т}$ , А	$K_{т}$	$I_{к.мах}$ , А
1	3500	1	6300	11	60	1,5	150
2	3000	$\sqrt{3}$	10000	38,5	95	27	200
3	5600	1	16000	11	30	32	230
4	4700	$\sqrt{3}$	25000	38,5	25	51	120
5	6900	1	40000	38,5	100	46	170

## ТЕСТЫ

### 1. Описание

Тесты проводятся с целью контроля усвоенных умений, знаний и последующего анализа типичных ошибок (затруднений) обучающихся в конце изучения раздела/темы.

На выполнение теста отводится 10-15 минут.

### 2. Критерии оценки

Оценка	Количество верных ответов
«5» - отлично	Выполнено 91-100 % заданий
«4» - хорошо	Выполнено 76-90% заданий
«3» - удовлетворительно	Выполнено 61-75 % заданий
«2» - неудовлетворительно	Выполнено не более 60% заданий

### 3. Примерные тестовые вопросы/ задания

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.

2. *Какую величину должен иметь коэффициент чувствительности дифференциальной защиты трансформатора?*

- а) 2.0
- б) 1.8
- в) 1.2
- г) 1.5

3. *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

4. *Требования, предъявляемые к релейной защите?*

- а); фиксировать повреждения
- б) Как можно медленнее отключать повреждения;
- в) Передавать сведения о наличии повреждений;
- г) Обеспечивать селективность, обеспечивать быстродействие, чувствительность и надежность.

5. *Защиты, обладающие абсолютной селективностью?*

- а) Дифференциальные продольные; дифференциальные поперечные; дифференциальные фазные защиты;
- б) Повышения температуры масла трансформаторов;
- в) МТЗ трансформаторов;
- г) Защита от перегрузки;
- д) Защита от снижения уровня масла.

6. *Что является источником постоянного оперативного тока?*

- а) Аккумуляторные батареи СК, СН, VARTA блок и шкафы оперативного тока ШОТ-01;
- б) Тиристоры и варисторы;
- в) Источники лунного света;
- г) Солнечная активность;
- д) Ядерная реакция.

7. *Каким отношением определяется коэффициент схемы соединения?*

а)  $K_{cx} = \frac{I_p}{I_\phi}$  ;

б)  $K_{cx} = \frac{I_{кз}}{I_{сз}}$  ;

$$в) K_{сз} = \frac{\sqrt{3} * I_{НОМ}}{I_{сз}} ;$$

$$г) K_{сз} = \frac{U}{I} ;$$

8. Чем отличается ТО от МТЗ?

а) Ничем;

б) ТО обеспечивает селективность выбором тока срабатывания, а МТЗ временем срабатывания;

в) Стоимостью устройства;

г) Качеством реле;

д) Надежностью.

9. Какой минимальный коэффициент чувствительности должна иметь дифференциальная защита трансформатора?

а) 1.0;

б) 1.2;

в) 3.0;

г) 2.0;

д) 1.5.

10. Какой коэффициент чувствительности должна иметь ТО силового трансформатора?

а) 1.1;

б) 2.0;

в) 1.2;

г) 1.0;

д) 1.5.

Эталоны ответов:

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	а	а	а	г	а	а	а	б	г	б

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### 1. Описание

Самостоятельная работа по данному разделу/теме включает работу по самостоятельному изучению обучающимися ряда вопросов, выполнения домашних заданий, подготовку к лабораторно-практическим занятиям.

### 2. Критерии оценки самостоятельной работы

«5» «отлично» - в самостоятельной работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«4» «хорошо»** -в самостоятельной работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

**«3» «удовлетворительно»** - дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

**«2» «неудовлетворительно»** - дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, возможны существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

### **3. Примерные вопросы для самостоятельного изучения**

1. Составление опорного конспекта на тему «Требования к РЗ и А согласно ПУЭ»
2. Составление опорного конспекта на тему «Оперативное питание РЗ и А на подстанциях»
3. Составление опорного конспекта на тему «Классификация токовых защит»
4. Реферат на тему «Использование микропроцессорных контроллеров в РЗ и А»
5. Реферат на тему «Применение микропроцессорных контроллеров и цифровых устройств для реализации релейной защиты и автоматики»
6. Опорный конспект на тему «Правила проверки схем РЗ и А на нормальное функционирование»
7. Составление опорного конспекта на тему «Требования к поверке контрольно-измерительных приборов РЗ и А»
8. Составление опорного конспекта на тему «Требования к работе аппаратуры энергодиспетчерского пункта»

### **4. Примерные формы отчетности результатов самостоятельной работы:**

- опорный конспект;
- реферат.

## **ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ**

## 1. Описание

В ходе лабораторного занятия обучающиеся приобретают умения, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины, учатся самостоятельно работать с лабораторным оборудованием, проводить эксперименты, анализировать полученные результаты, и делать выводы, подтверждать теоретические положения лабораторным экспериментом.

Содержание, этапы проведения лабораторного занятия представлены в обязательном приложении: **Методические указания по проведению лабораторных занятий по междисциплинарному курсу МДК.02.03 Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения.**

При оценивании лабораторного занятия учитываются следующие критерии:

- качество выполнения работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Основная цель лабораторного занятия № 1 *закрепление знаний в области релейной защиты и закрепление умений в снятии электрических характеристик и регулировании параметров срабатывания реле тока.*

На проведение лабораторного занятия отводится 90 минут.

Для формирования результатов обучения необходимо следующее оборудование: *инструкционная карта, стенд с испытуемым реле, устройство для снятия электрических характеристик реле, соединительные провода.*

## 2. Критерии оценки лабораторного занятия

«5» «отлично» - самостоятельно и правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия, ссылаясь на нормативно-правовую базу.

«4» «хорошо» - самостоятельно и в основном правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия.

«3» «удовлетворительно» - в основном решил учебно-профессиональную задачу или задание, допустил несущественные ошибки, слабо аргументировал свое решение, используя в основном понятия.

«2» «неудовлетворительно» - не решил учебно-профессиональную задачу или задание.

## Лабораторная работа № 1

Тема: Исследование работы реле тока.

**Цель:** ознакомиться с устройством, назначением и принципом работы токового реле.

**Порядок выполнения:**

1. Схема токового реле серии РТ-40.
2. Описать устройство и принцип работы при плавной и ступенчатой регулировке тока.
3. Источник питания токового реле серии РТ-40.
4. Вывод.

**Ход работы.**

- 1.

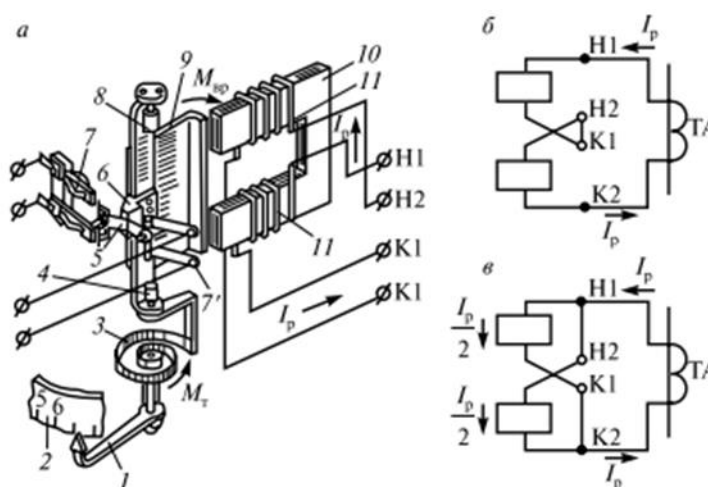


Рис. 7.2. Токовое реле серии РТ-40:  
*a* — общий вид; *б* и *в* — схемы последовательного и параллельного соединения катушек





## Рис. 1. Общий вид электромагнитного реле РТ-40

### Лабораторное занятие № 2

**Тема:** Исследование работы реле напряжения.

**Цель:** ознакомиться с устройством, назначением и принципом работы реле напряжения.

#### Порядок выполнения:

1. Схема способов соединения катушек реле напряжения РН-50.
2. Устройство, принцип работы реле напряжения.
3. Описать различия в конструкции токового реле и реле напряжения, обосновать.
4. Описать принцип работы при последовательном и параллельном соединениях катушек обмоток реле напряжения.
5. Обосновать для чего в реле напряжения применяется выпрямительный мост.
6. Вывод.

#### Ход работы.

1.

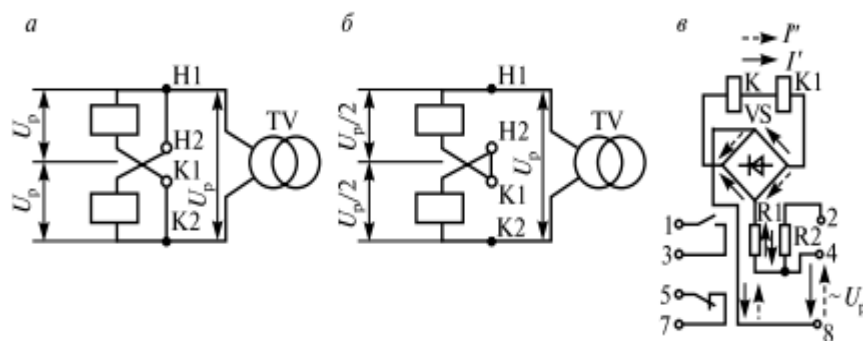


Рис. 7.3. Способы соединения катушек реле напряжения РН-50:  
а — параллельное; б — последовательное; в — схема внутренних соединений реле РН-53

### Лабораторное занятие № 3

**Тема:** Исследование работы реле времени.

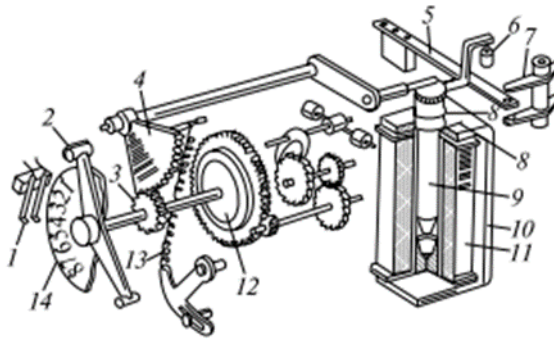
**Цель:** ознакомиться с устройством, назначением и принципом работы реле времени.

#### Порядок выполнения:

1. Схема устройства реле времени.
2. Назначение и устройство, принцип работы реле времени.
3. Вывод.

#### Ход работы.

1. Рис. 7.6. Реле времени РВ-100



## Лабораторное занятие № 4

**Тема:** Изучение схемы защиты трансформатора

**Цель:** ознакомиться с устройством и работой дифференциальной защиты трансформаторов и вариантов ее чувствительности

### Порядок выполнения:

1. Дифференциальная защита трансформатора:  
а — принципиальная схема; б — схема защиты с автотрансформатором; в — схема защиты с насыщающимся трансформатором.
2. Описать принцип дифференциальной защиты.
3. Описать три составляющие при вычислении тока небаланса.
4. Описать насыщающихся трансформаторов тока.
5. Вывод.

### Ход работы.

1.

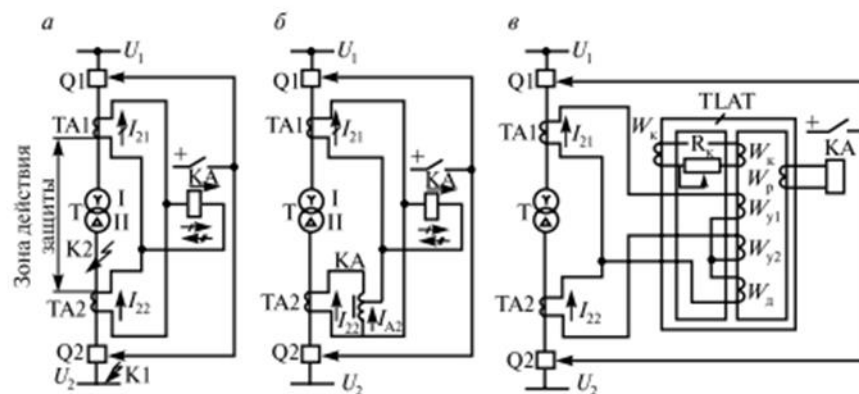


Рис. 7.28. Дифференциальная защита трансформатора:  
а — принципиальная схема; б — схема защиты с автотрансформатором; в — схема защиты с насыщающимся трансформатором

## Лабораторное занятие № 5

**Тема:** Исследование действия максимальной токовой защиты (МТЗ+АПВ) с применением микропроцессорных (цифровых) устройств.

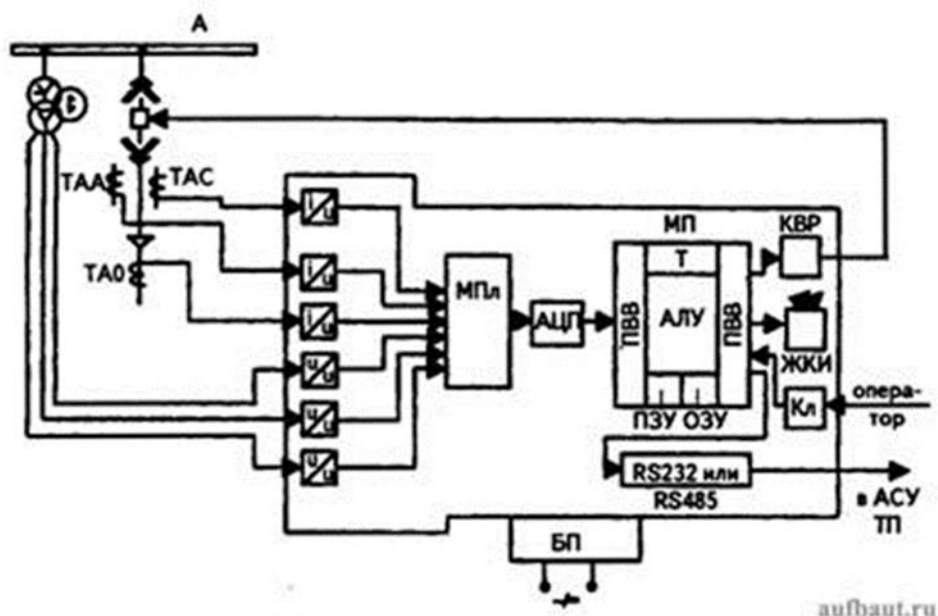
**Цель:** ознакомиться с назначением, достоинством и структурой микропроцессорных устройств защиты.

### Порядок выполнения:

1. Упрощенная структура микропроцессорного устройства релейной защиты линии 6-10 кВ.
2. Достоинства микропроцессорных устройств.
3. Описание структурной схемы устройства защиты линии. Назначение элементов схемы. Представители устройств микропроцессорной защиты.
4. Вывод.

### Ход работы.

1. Рисунок 1. Упрощенная структура микропроцессорного устройства релейной защиты линии 6-10 кВ.





## Лабораторное занятие № 6

**Тема:** Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматических выключателей.

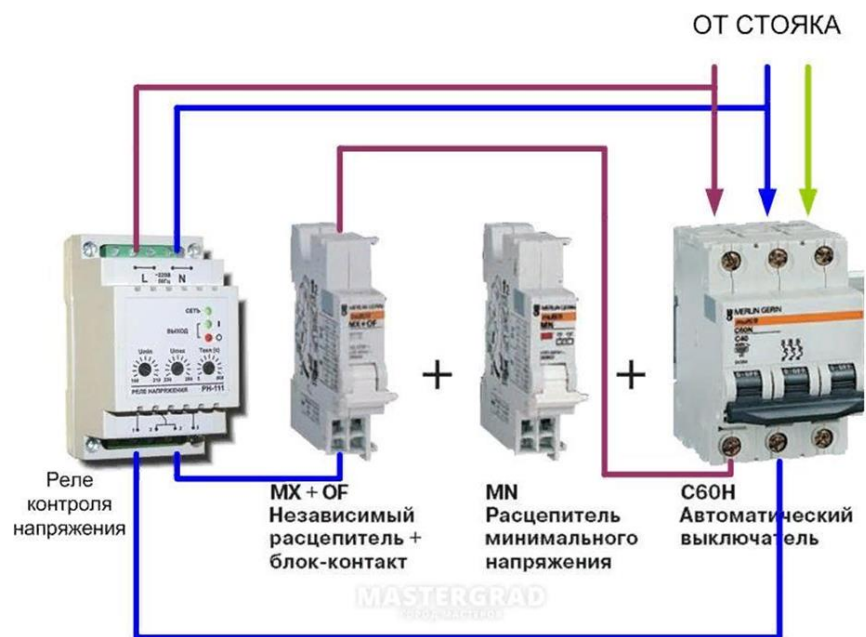
**Цель:** изучить методику проверки действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматических выключателей.

### Порядок выполнения:

1. Фото расцепителей автоматических выключателей.
2. Методика проверки автоматических выключателей
3. Вывод.

### Ход работы.

- 1.



**IEK**

## Расцепители РН47 и РМ47



Расцепитель независимый РН-47 служит для дистанционного отключения автоматических выключателей. Устройство имеет кнопку «ВОЗВРАТ», которая выступает из лицевой панели при срабатывании расцепителей, что позволяет определить причину отключения автомата – падение напряжения, дистанционное отключение или перегрузка (сверхток)

Расцепитель минимального/максимального напряжения РММ47 предназначен для отключения автоматического выключателя серии ВА47 при недопустимом снижении или повышении напряжения сети



## Лабораторное занятие № 7

**Тема:** Проверка релейной аппаратуры.

**Цель:** изучение методики проведения технических осмотров устройств релейной защиты и автоматики.

### Порядок выполнения:

1. Основные понятия и термины в области надежности устройств РЗА.
2. Виды технического обслуживания устройств РЗА
3. Периодичность технического обслуживания устройств РЗА
4. Вывод.

### Ход работы.

#### 1. Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА электрических сетей 0,4-35 кВ

Место установки устройств РЗА	Цикл технического обслуживания, лет	Количество лет эксплуатации													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
В помещениях I категории (вариант 1)	12	Н	К1	-	О	-	К	-	О	-	К	-	В	-	О
В помещениях I категории (вариант 2)	8	Н	К1	-	К	-	О	-	В	-	О	-	К	-	О
В помещениях I категории (вариант 3)	6	Н	К1	-	К	-	В	-	К	-	К	-	В	-	К
В помещениях II категории (вариант 1)	6	Н	К1	-	К	-	В	-	К	-	К	-	В	-	К
В помещениях II категории (вариант 2)	3	Н	К1	В	-	-	В	-	-	В	-	-	В	-	-

Примечания: 1. Н- проверка (наладка) при новом включении; К1 - первый профилактический контроль; К - профилактический контроль; В - профилактическое восстановление; О — опробование.  
2. В таблице указаны обязательные опробования. Кроме того, опробования рекомендуется производить в годы, когда не выполняются другие виды обслуживания. Если при проведении опробования или профилактического контроля выявлен отказ устройства или его элементов, то производится устранение причины, вызвавшей отказ, и при необходимости в зависимости от характера отказа - профилактическое восстановление.

## Лабораторное занятие № 8

**Тема:** Проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока.

**Цель:** изучение методики проверки правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока.

**Порядок выполнения:**

1. Технические мероприятия.
2. Нормируемые величины
3. Порядок проведения испытаний.
4. Безопасные приёмы работы
5. Вывод.

**Ход работы.**

**1. Напряжение оперативного тока, при котором должно обеспечиваться нормальное функционирование схем**

Испытываемый объект, операция (включение, отключение)	Напряжение оперативного тока (% номинального)	Примечание
1	2	3
Схемы защиты и сигнализации в установках напряжением выше 1 кВ	80, 100	Периодичность испытаний по всем пунктам настоящей таблицы определяется ведомственной или местной системой планово-предупредительных ремонтов (ППР) в соответствии с типовыми и заводскими инструкциями, но не реже оговоренных ниже сроков
Схемы управления в установках напряжением выше 1 кВ - включение - отключение	90, 100 80, 100	Для простых схем кнопка – магнитный пускатель проверка работы при магнитном напряжении не производится

Релейно-контакторные схемы в установках напряжением до 1 кВ	90, 100	
---	---------	--

1	2	3
Бесконтактные схемы на логических элементах	85, 100, 110	Изменение напряжения производителем на входе в блок питания
Выключатели нагрузки, масляные и электромагнитные и выключатели (проверка срабатывания приводов при пониженном напряжении)		Не реже 1 раза в 8 лет
– срабатывание катушек отключения		
$U_{\min}$	35	
$U_{\text{НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ}}$	65	
– срабатывание контакторов включения	80	

Испытываемый объект, операция (включение, отключение)	Напряжение оперативного тока (% номинального)	Количество операций	Примечание
Контакты и автоматические выключатели			Не реже 1 раза в 12 лет
– включение	90	5	
– включение, и отключение	100	5	
– отключение	80	10	
Выключатели нагрузки, масляные и электромагнитные выключатели - включение и отключение	110	3–5	Не реже 1 раза в 8 лет. Указанные напряжения должны быть на зажимах катушек приводов в момент включения
	110	3–5	
	90	3–5	
	80	3–5	

### Лабораторное занятие № 9

**Тема:** Испытание контакторов и автоматических выключателей многократными включениями и отключениями.

**Цель:** изучение методики испытание контактора постоянного тока.

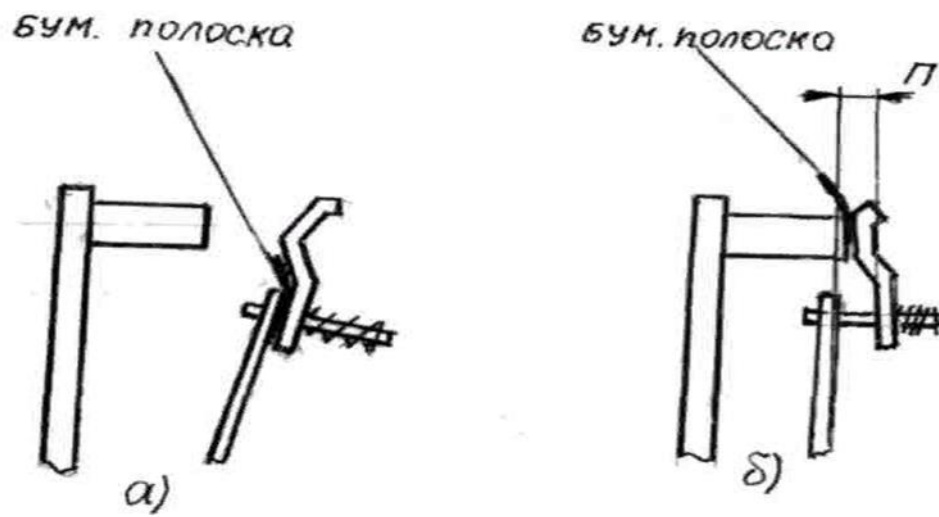
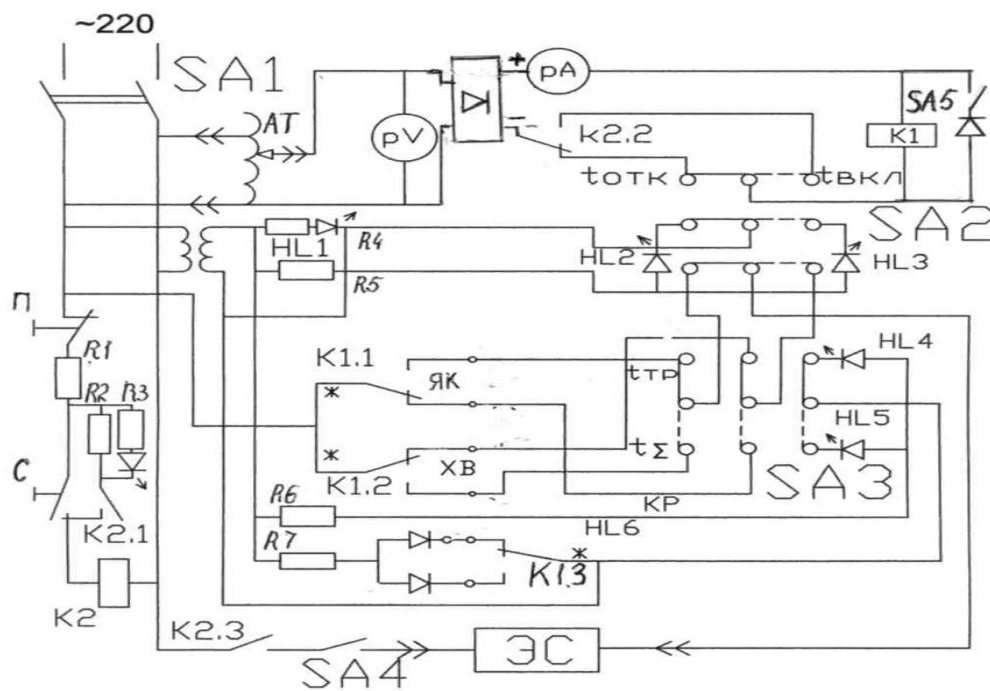
#### Порядок выполнения:

1. Схема испытаний контактора постоянного тока
2. Определение напряжения срабатывания.
3. Проверка нажатия контактов и их провала.
4. Измерение времени включения и отключения контактора
5. Вывод.

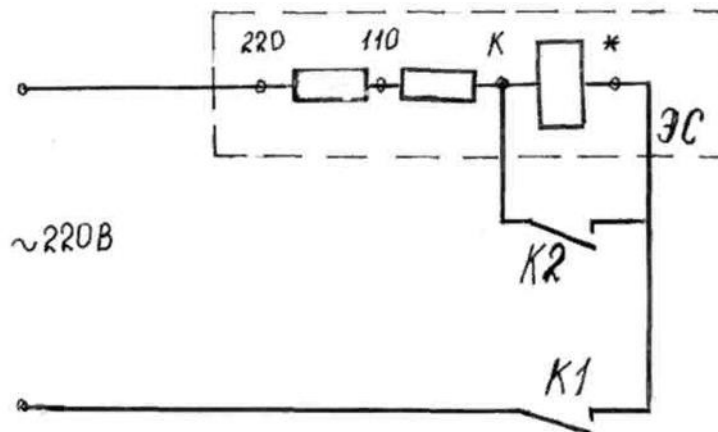
#### Ход работы.

1. Р и с. 1. Схема испытаний контактора постоянного тока.





Р и с. 2. Определение нажатия и провала контактов



## Лабораторное занятие № 10

**Тема:** Составление технологической последовательности технического обслуживания защитной аппаратуры.

**Цель:** изучение методики технического обслуживания автоматического выключателя постоянного тока.

### Порядок выполнения:

1. Последовательность технологических операций технического обслуживания и ремонта автоматических аппаратов защиты (таблица 1.)
2. Последовательность выполнения технического обслуживания автоматических аппаратов защиты.
3. Вывод.

### Ход работы.

#### 1. Таблица 1- Техническое обслуживание автоматических аппаратов защиты

Операция технического обслуживания	Последовательность выполнения
1	2
Очистка автоматического выключателя	Очистить кожух выключателя от пыли сухим обтирочным материалом. Отвернуть винты и снять крышку автоматического выключателя  Расцепить рычаг (собачку) с удерживающей рейкой, для чего повернуть осторожно рейку до момента расцепления ее с собачкой. Вынуть дугогасительные камеры. Удалить копоть и пятна обтирочным материалом, смоченным растворителем. Протереть выключатель сухим обтирочным материалом. Осмотреть автоматический выключатель и убедиться в целостности пластмассового основания и крышки

<p>Проверка механической системы выключателя</p>	<p>Несколько раз включить и отключить выключатель вручную. Скорость включения и отключения выключателя не должна зависеть от скорости движения рукоятки или кнопки (выключатель АП-50). Смазать шарнирные соединения приборным маслом</p> <p>У пускателей АЗ700 при наличии дистанционного привода необходимо: а) отвернуть винты крепления крышки дистанционного привода и снять крышку; б) осмотреть дистанционный привод и смазать шарнир привода приборным маслом; в) закрыть крышку дистанционного привода и плотно затянуть ее винтами; г) проверить надежность заземления дистанционного привода</p>	
<p>Проверка состояния дугогасительных камер</p>	<p>Проверить состояние дугогасительных камер. Следы копоти удалить абразивным материалом, смоченным ацетоном, и вытереть насухо</p>	
<p>Проверка состояния контактов</p>	<p>Осмотреть подвижные и неподвижные контакты. Контакты, имеющие нагар на рабочей поверхности, очистить абразивным материалом, смоченным бензином и вытереть насухо</p> <p>Измерить толщину металлокерамического слоя контактов штангенциркулем. Толщина металлокерамического слоя должна быть не менее 0,5 мм</p>	
<p>Проверка состояния контактных соединений</p>	<p>Осмотреть контакты в месте присоединения проводов или шин. При обнаружении следов перегрева контакты разобрать, зачистить контактные поверхности до металлического блеска, смазать техническим вазелином, собрать и затянуть</p>	
<p>Измерение сопротивления изоляции</p>	<p>При отключенном положении выключателя мегомметром измерить сопротивление изоляции между подвижным и неподвижным контактами каждой фазы. При включенном положении выключателя измерить сопротивление изоляции между фазами автоматического выключателя. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм</p>	
<p>Проверка работы автоматического выключателя</p>	<p>Собрать автоматический выключатель. Включить и выключить выключатель 3--5 раз при снятом напряжении и убедиться в четкости его работы</p>	

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

### 1. Описание

В ходе практического занятия обучающиеся приобретают умения, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины, учатся использовать формулы, применять различные методики расчета, анализировать полученные результаты и делать выводы, опираясь на теоретические знания.

Содержание, этапы проведения практического занятия представлены в обязательном приложении **Методические указания по проведению практических занятий по междисциплинарному курсу МДК.02.03 Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения.**

При оценивании практического занятия учитываются следующие критерии:

- качество выполнения работы;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Основная цель практического занятия № *7* *Закрепление знаний в области релейной защиты путем практического выполнения расчета релейной защиты для линий электропередачи, определение чувствительности релейных защит.*

На проведение практического занятия отводится 90 минут.

Для формирования результатов обучения необходимо следующее оборудование: *инструкционная карта.*

### 2. Критерии оценки практического занятия

«5» «отлично» - самостоятельно и правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия, ссылаясь на нормативно-правовую базу.

«4» «хорошо» - самостоятельно и в основном правильно решил учебно-профессиональную задачу или задание, уверенно, логично, последовательно и аргументированно излагал свое решение, используя понятия.

«3» «удовлетворительно» - в основном решил учебно-профессиональную задачу или задание, допустил несущественные ошибки, слабо аргументировал свое решение, используя в основном понятия.

«2» «неудовлетворительно» - не решил учебно-профессиональную задачу или задание.

## Практическое занятие № 1

**Тема:** Изучение конструкции и технических данных реле, применяемых в схемах релейной защиты.

**Цель:** изучить конструкцию и технические данные реле тока, реле напряжения, реле времени, указательного, герконового и промежуточного реле.

### Оборудование и приборы:

КА – реле тока; КV – реле напряжения; КТ – реле времени; КL – промежуточное реле; КН – указательное реле; технические паспорта реле и справочная литература.

### Краткие теоретические сведения.

Для ограничения развития аварий при коротких замыканиях и уменьшении перерыва в электроснабжении потребителей применяют специальные устройства, которые называются релейной защитой. Релейная защита обеспечивает быстрое автоматическое отключение поврежденного элемента электроустановки путем воздействия на электромагнит отключения выключателя, а также сигнализирует об отключении. Релейная защита состоит из комплекта реле, связанных между собой по определенным схемам. Реле представляет собой автоматическое устройство, которое способно реагировать на изменение контролируемой им величины. Реле имеет два органа: воспринимающий и исполнительный. У электромеханических реле воспринимающим органом являются обмотки, исполнительным - контакты. По назначению реле делятся на измерительные или основные и логические или вспомогательные. К основным реле относятся реле тока и напряжения, вспомогательным - реле времени, промежуточные, указательные.

### Порядок выполнения работы.

1. Изучить назначение, конструкцию и номинальные параметры электромеханического реле тока.

1.1. Указать назначение реле тока, в каких релейных защитах применяется, каким органом в этих защитах является.

1.2. Рисунок реле тока, указать название основных элементов.

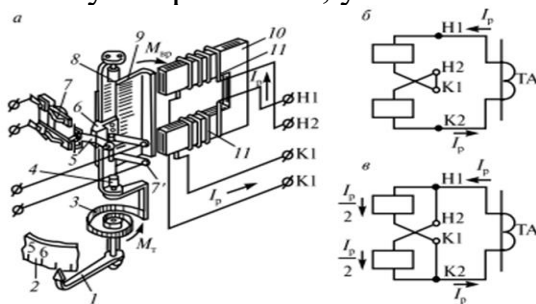


Рис. 7.2. Токовое реле серии РТ-40:  
а — общий вид; б и в — схемы последовательного и параллельного соединения катушек

2. Изучить назначение, конструкцию и номинальные параметры электро-механического реле напряжения.

2.1. Указать назначение реле напряжения, в каких релейных защитах применяется, каким органом в этих защитах является.

2.2. Рисунок реле напряжения, указать название основных элементов.

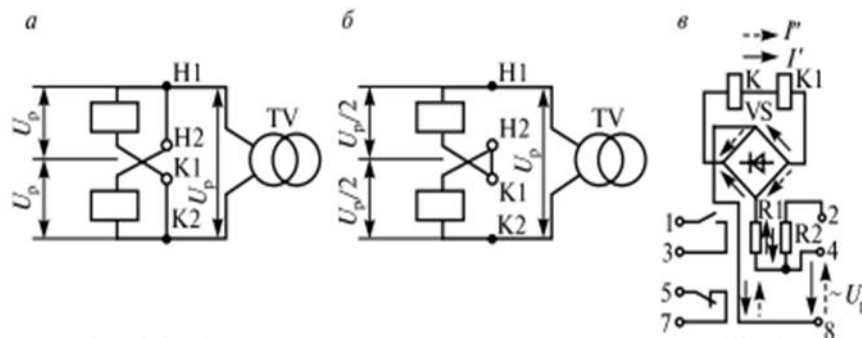


Рис. 7.3. Способы соединения катушек реле напряжения РН-50:  
*a* — параллельное; *б* — последовательное; *в* — схема внутренних соединений реле РН-53

3. Изучить назначение, конструкцию и номинальные параметры электро-механического реле времени.

3.1. Указать назначение реле времени, в каких релейных защитах применяется, каким органом в этих защитах является.

3.2. Рисунок реле времени, указать название основных элементов.

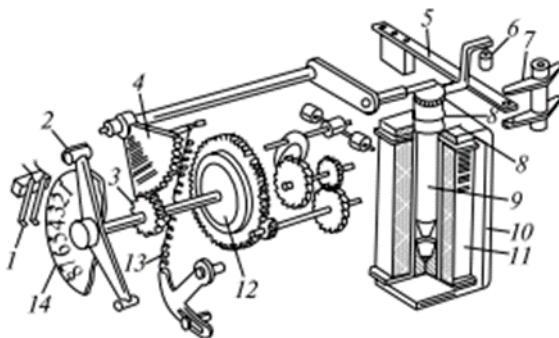


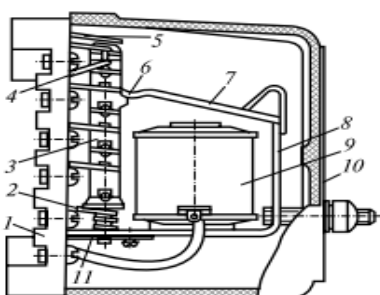
Рис. 7.6. Реле времени РВ-100

4. Изучить назначение, конструкцию и номинальные параметры электро-механического указательного реле, промежуточного реле и герконового реле.

4.1. Указать назначение указательного реле, промежуточного реле и герконового реле, в каких релейных защитах применяется, каким органом в этих защитах является.

4.2. Рисунок указательного реле, промежуточного реле и герконового реле, указать название основных элементов.

Рис. 7.4. Промежуточные реле (конструкция реле РП-23)



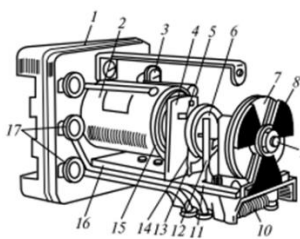


Рис. 7.7. Указательное реле типа РY-21

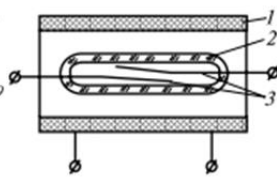


Рис. 7.5. Герконовое реле

## Практическое занятие № 2

**Тема:** Изучение схем питания релейной защиты на оперативном токе.

**Цель:** ознакомиться с устройством и работой газовой защиты, МТЗ и ТО силовых трансформаторов.

### Оборудование и приборы:

Схема газовой и токовой защиты трансформатора; справочная литература.

### Краткие теоретические сведения.

Для питания цепей управления, автоматики, сигнализации и защиты применяется оперативный ток. Существует три основных вида оперативного тока: переменный, постоянный и выпрямленный. Источниками переменного оперативного тока являются измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также трансформаторы собственных нужд (ТСН). Источниками постоянного оперативного тока служат аккумуляторные батареи. В качестве источников выпрямленного оперативного тока используются выпрямительные установки и специальные блоки питания, которые получают переменный ток от измерительных трансформаторов тока и напряжения, и ТСН. Кроме того, в качестве источников оперативного тока используются предварительно заряженные конденсаторы.

Источники оперативного тока должны быть в постоянной готовности к действию в любых режимах работы электроустановки, в том числе и в аварийном. Постоянный оперативный ток применяется обычно на электростанциях, тяговых подстанциях, крупных трансформаторных подстанциях с первичным напряжением 110 кВ и выше. Переменный ток используется на трансформаторных подстанциях напряжением 35 кВ и ниже, на небольших подстанциях 110 кВ без выключателей на стороне высшего напряжения, имеющих на стороне среднего и низшего напряжения выключатели с пружинными приводами. Выпрямленный ток используется на подстанциях напряжением 35 кВ и ниже с выключателями, укомплектованными электромагнитными приводами, а также на подстанциях напряжением 110-220 кВ с числом выключателей на стороне высшего напряжения не более двух с электромагнитным приводом, либо не более трех с пружинными или пневматическими приводами. В ряде

случаев применяют схемы питания оперативных цепей с использованием различных источников тока. Наиболее надежными источниками переменного оперативного тока для работы защит являются трансформаторы тока, обеспечивающие их четкую работу при перегрузках и коротких замыканиях. Трансформаторы напряжения нельзя использовать для питания оперативных цепей отключения, так как при близких трехфазных КЗ напряжение на шинах электроустановки может понизиться настолько, что не сработает отключающая катушка привода выключателя. По этой причине трансформаторы напряжения используются для питания тех защит, которые действуют при режимах, не связанных со значительным понижением напряжения на шинах. От ТСН получают питание устройства и цепи, для которых не требуется особая стабильность подводимого напряжения и допускаются временные перемены в подаче питания (например, электродвигатели пружинных приводов).

#### Порядок выполнения работы.

1. Схема газовой и токовых защит трансформатора.
2. Описать работу газовой защиты.
3. Описать работу МТЗ и ТО силовых трансформаторов.
4. Вывод.

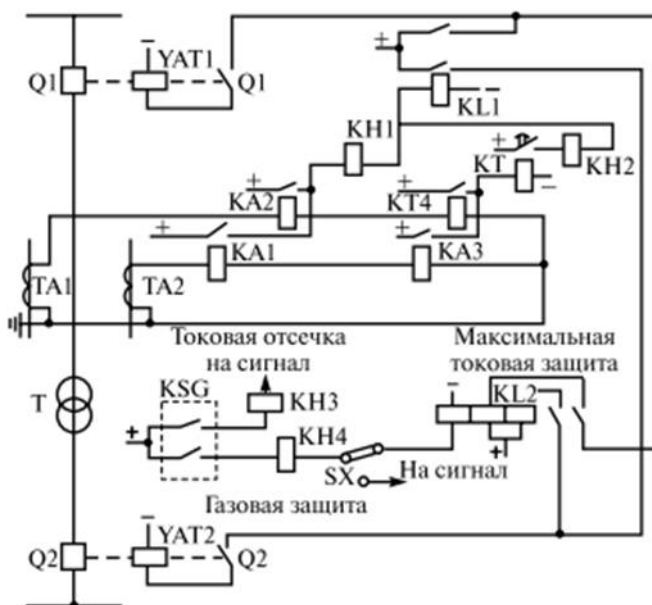


Рис. 7.27. Схема газовой и токовых защит трансформатора



## Практическое занятие № 4

**Тема:** Изучение схемы токовой отсечки линии с односторонним питанием.

**Цель:** изучение устройство, принцип действия комбинированной схемы защиты линии с помощью МТЗ и ТО.

### Оборудование и приборы:

Комбинированная схема защиты линии с помощью МТЗ и ТО; справочная литература.

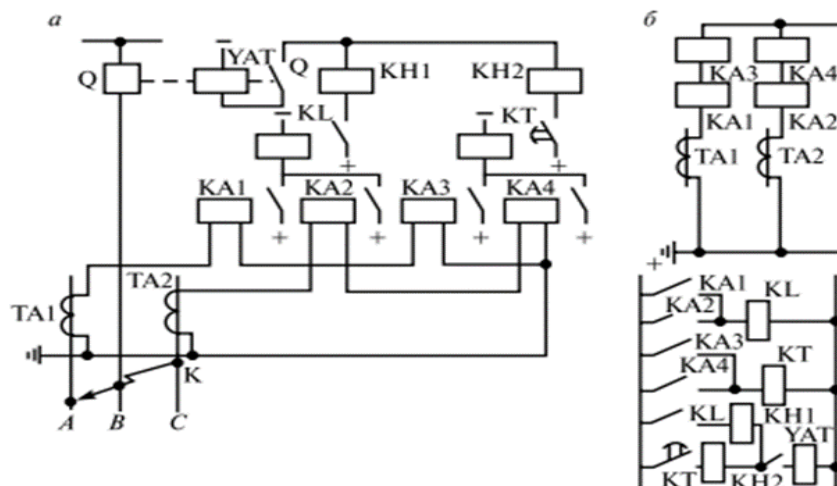
### Краткие теоретические сведения.

Токовая отсечка (ТО) отличается от МТЗ принципом обеспечения селективности. Селективность токовой отсечки достигается выбором такого тока срабатывания защиты, при котором на к.з. реагирует только защита поврежденной линии. Основной недостаток максимальной токовой защиты заключается в наличии относительно большой выдержки времени. Поэтому максимальную токовую защиту используют, если это возможно, совместно с быстродействующей токовой защитой — токовой отсечкой. Токовая отсечка является разновидностью МТЗ, обеспечивающей быстрое отключение участка, где произошло КЗ. Так как одна токовая отсечка не защищает полностью линию и не реагирует на перегрузки, то она применяется в комбинации с другими защитами. Поэтому нередко ТО применяют совместно с МТЗ, которая реагирует на к.з. в любой точке защищаемой линии, на перегрузки в линии и резервирует ТО и МТЗ следующей линии, хотя имеет значительные выдержки времени.

### Порядок выполнения:

1. Комбинированная схема защиты линии с помощью МТЗ и ТО.
2. Описать принцип работы совмещенной и разнесенной схемы, и диаграммы времени срабатывания комбинированной схемы защиты линии с помощью МТЗ и ТО.
3. Вывод.

### Ход работы.



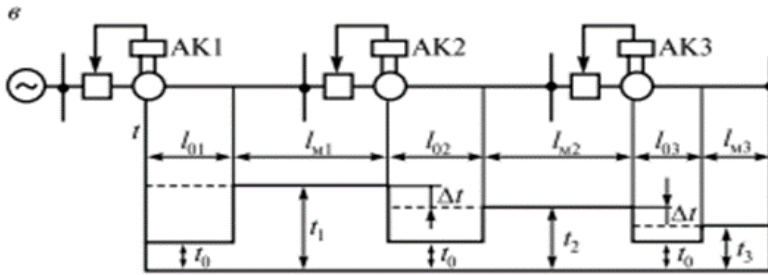


Рис. 7.13. Комбинированная схема защиты МТЗ и ТО:  
*a* — совмещенная; *б* — разнесенная; *в* — диаграмма времени срабатывания защит

## Практическое занятие № 5

**Тема:** Изучение схемы защиты присоединения.

**Цель:** ознакомиться с устройством и работой дифференциальной защиты трансформаторов и вариантов ее чувствительности

### Оборудование и приборы:

Схема дифференциальной защиты трансформаторов; справочная литература.

### Краткие теоретические сведения.

Дифференциальная токовая защита обеспечивает практически мгновенное и избирательное отключение защищаемого элемента электрической системы. Так, она отключает участок, где произошло КЗ, в пределах всей защищаемой линии без выдержки времени. Благодаря этому достоинству дифференциальные защиты находят широкое применение. Дифференциальные токовые защиты подразделяются на продольные со сравнением токов по концам линий и поперечные со сравнением токов в двух (а иногда и более) параллельных линиях. Продольные дифференциальные защиты требуют выполнения канала связи между концами линии (обычно проводного канала). Поперечные дифференциальные защиты используют токи линий, отходящих от одной подстанции и, следовательно, не нуждаются в дополнительных каналах связи. Дифференциальная защита реагирует на повреждения внутри трансформатора, на его вводах и в соединениях с выключателями. Защита относится к числу быстродействующих.

### Порядок выполнения:

1. Дифференциальная защита трансформатора:  
*a* — принципиальная схема; *б* — схема защиты с автотрансформатором; *в* — схема защиты с насыщающимся трансформатором.
2. Описать принцип дифференциальной защиты.

3. Описать три составляющие при вычислении тока небаланса.
4. Описаниенасыщающихся трансформаторов тока.
5. Вывод.

### Ход работы.

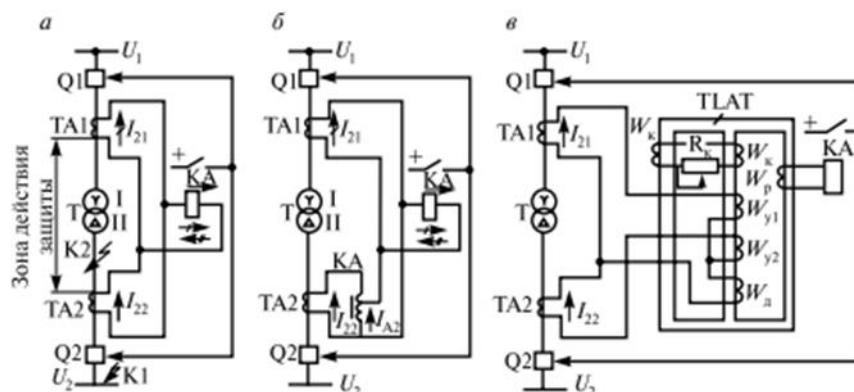


Рис. 7.28. Дифференциальная защита трансформатора:  
 а — принципиальная схема; б — схема защиты с автотрансформатором; в — схема защиты с насыщающимся трансформатором

### Практическое занятие № 6

**Тема:** Изучение принципиальной схемы защиты линии от междуфазных КЗ.

**Цель:** ознакомились со схемой автоматического обдува понижающих трансформаторов.

#### Оборудование и приборы:

Схема автоматического обдува понижающих трансформаторов; справочная литература.

#### Краткие теоретические сведения.

Автоматизация работы трансформаторов значительно повышает надежность электроснабжения потребителей и позволяет выбрать наиболее экономичный режим работы. Используют следующие виды устройств автоматики трансформаторов:

- автоматическое управление обдувом, т.е. включением и отключением двигателей вентиляторов, охлаждающих трансформаторы;
- автоматическое регулирование напряжения трансформатора (АРНТ);
- автоматическое включение резервного трансформатора (АВРТ);
- автоматическая разгрузка трансформаторов (АРТ).

#### Порядок выполнения:

- 1.Схема автоматического обдува понижающих трансформаторов (рис. 5.1.)
2. Дистанционное включение и отключение двигателя вентилятора.Перевод схемы на автоматическое управления.
3. Работа схемы при перегрузке трансформатора.
4. Вывод.

### Ход работы.

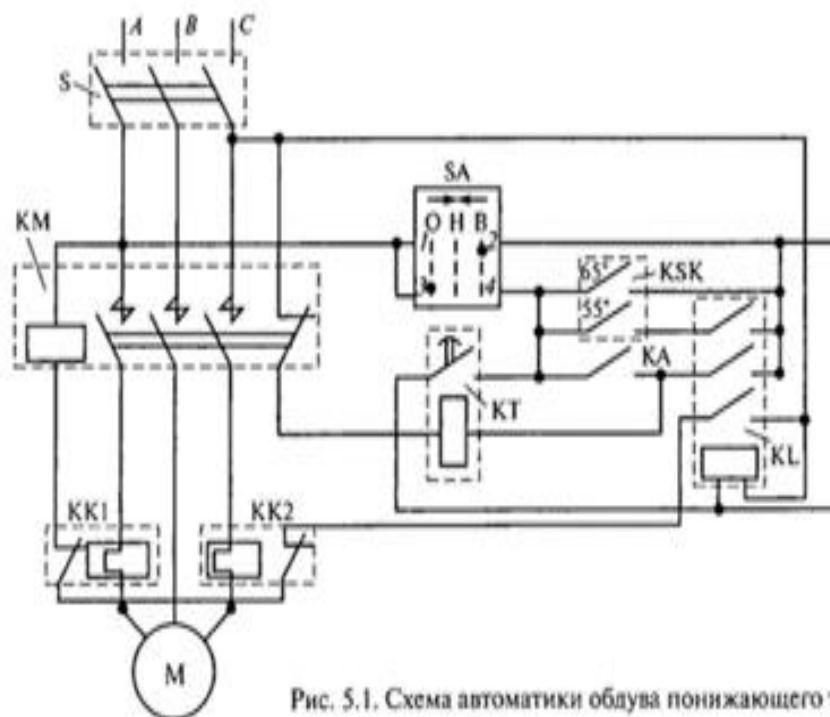


Рис. 5.1. Схема автоматики обдува понижающего трансформатора

## Практическое занятие № 7

**Тема:** Расчет уставок МТЗ и токовой отсечки. Выбор схемы соединения трансформаторов тока

**Цель работы:** научиться рассчитывать токи срабатывания МТЗ и ТО силового трансформатора, определять чувствительность релейных защит.

Материально-техническое оснащение: методические указания к решению задачи; чертежные принадлежности.

### Краткие теоретические сведения

Максимальная токовая защита (МТЗ) предназначена для защиты силового трансформатора от внешних и внутренних коротких замыканий. В состав МТЗ входят основные реле — реле тока, которые являются пусковыми органами защиты; вспомогательные реле — реле времени и указательное реле. Реле времени является времязадающим органом, предназначено для создания выдержки времени на замыкание контактов, обеспечивая селективность защиты. По указательному определяют релейную защиту, перешедшую в режим тревоги. В защитную зону МТЗ входит первичная и вторичная защищаемого трансформатора. МТЗ ЛЭП отстраивается от максимального рабочего тока первичной обмотки силового трансформатора. МТЗ применяют для сетей с большим током замыкания на землю в трехфазном, для сетей с малым

током замыкания на землю — в двухфазном исполнении. МТЗ подключают к трансформаторам тока, которые установлены на первичной стороне силового трансформатора. Токовая отсечка (ТО) предназначена для силового трансформатора от внешних и внутренних коротких замыканий. В состав ТО входят основные реле — реле тока, которые являются пусковыми органами защиты; вспомогательные реле — промежуточное и указательное реле. Промежуточное реле предназначено для усиления контактов реле тока. По указательному реле определяют релейную защиту, перешедшую в режим тревоги. Защитная зона ТО: ошиновка, вводы и первичная обмотка силового трансформатора. ТО отстраивается от максимального тока короткого замыкания на вторичной обмотке защищаемого трансформатора. ТО применяют для защиты двух обмоточных трансформаторов, не снабженных дифференциальной защитой. ТО применяют в двухфазном исполнении и подключают к трансформаторам тока, к которым подключена МТЗ.

#### **Исходные данные:**

1.  $I_{к.min1}$  – минимальный ток трехфазного КЗ в месте установки защит, кА;
2.  $I_{к.min2}$  – минимальный ток трехфазного КЗ за трансформатором, кА;
3.  $I_{к.max}$  – максимальный ток трехфазного КЗ на шинах вторичного напряжения одиночно работающего трансформатора, кА;
4.  $S_{н.тр}$  - номинальная мощность трансформатора, кВА;
5.  $U_{Н1}$  – номинальное напряжение первичной обмотки силового трансформатора, кВ;
6.  $U_{Н2}$  – номинальное напряжение вторичной обмотки силового трансформатора, кВ;
7. Схема соединения трансформаторов тока и реле тока (задается преподавателем: полная звезда, неполная звезда, полный треугольник, неполный треугольник).

Исходные данные по вариантам приведены в таблице 1.5.1.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Начертить совмещенную схему МТЗ и ТО силового двухобмоточного трансформатора.
2. Выполнить расчет МТЗ и ТО силового двухобмоточного трансформатора.
  - 2.1. Рассчитать МТЗ силового двухобмоточного трансформатора.
    - 2.1.1. Рассчитать ток срабатывания МТЗ, А:

$$I_{с.мтз} = \frac{K_H \cdot K_{сзп} \cdot I_{раб.маx}}{K_B},$$

где  $K_H$  – коэффициент надежности,  $K_H = 1,1 - 1,2$ ;

$K_{сзп}$  – коэффициент, учитывающий увеличение нагрузки при самозапуске неотключившихся двигателей после восстановления напряжения,  $K_{сзп} = 2 - 3$ ;

$K_B$  – коэффициент возврата реле,  $K_B = 0,85 - 0,9$ ;

$I_{раб.маx}$  – максимальный рабочий ток первичной обмотки силового трансформатора, А.

Таблица 1.5.1 – Исходные данные для расчетов

Вариант	$S_{н.тр.}$ , кВА	$U_{нн.}$ , кВ	$U_{нз.}$ , кВ	$I_{к.мин2.}$ , кА	$I_{к.маx.}$ , кА	$I_{к.мин1.}$ , кА	$K_{сзп}$	Схема соед.
1	4000	10	0,4	1,5	2,1	1	2,5	Неполная "звезда" с 2 реле
2	6300	35	0,4	9,1	12,2	3	2	Полная "звезда" с 3 реле
3	10000	35	10	1,9	2,9	1,2	2,5	"Δ" с 3 реле
4	1600	35	10	2,0	2,1	1,5	3	"Δ" с 2 реле
5	2500	110	10	2,6	3,8	1,4	2	"Δ" с 3 реле
6	4000	35	10	4,5	6,0	2,5	2,5	Полная "звезда" с 3 реле
7	2500	10	0,4	6,8	8,0	2,5	3	Неполная "звезда" с 2 реле
8	16000	10	0,4	5,0	7,2	1,5	2	Неполная "звезда" с 2 реле
9	100	10	0,4	4,0	5,6	1,3	2,5	Неполная "звезда" с 2 реле
10	10000	110	10	16	21	10	2	Полная "звезда" с 3 реле
11	4000	10	0,4	2,5	6,8	1,6	2,5	Неполная "звезда" с 2 реле
12	6300	35	0,4	8,6	14,5	2,8	2	Полная "звезда" с 3 реле
13	10000	35	10	2,0	2,1	1,5	2,5	"Δ" с 3 реле
14	1600	35	10	1,9	2,9	1,2	3	"Δ" с 2 реле
15	2500	110	10	2,8	4,0	1,6	2	"Δ" с 3 реле
16	4000	35	10	4,7	6,3	2,7	2,5	Полная "звезда" с 3 реле
17	2500	10	0,4	7,0	8,4	2,8	3	Неполная "звезда" с 2 реле
18	16000	10	0,4	5,2	7,6	1,7	2	Неполная "звезда" с 2 реле
19	100	10	0,4	4,3	5,8	1,5	2,5	Неполная "звезда" с 2 реле
20	10000	110	10	18	23	12	2	Полная "звезда" с 3 реле
21	4000	10	0,4	1,3	1,9	1	2,5	Неполная "звезда" с 2 реле
22	6300	35	0,4	9,0	12,0	2,8	2	Полная "звезда" с 3 реле
23	10000	35	10	1,7	2,7	1,0	2,5	"Δ" с 3 реле
24	1600	35	10	1,9	4,1	1,3	3	"Δ" с 2 реле
25	2500	110	10	2,4	3,6	1,2	2	"Δ" с 3 реле
26	4000	35	10	4,3	5,8	2,3	2,5	Полная "звезда" с 3 реле
27	2500	10	0,4	6,6	7,8	2,4	3	Неполная "звезда" с 2 реле
28	16000	10	0,4	4,8	7,0	1,3	2	Неполная "звезда" с 2 реле
29	100	10	0,4	3,7	5,4	1,1	2,5	Неполная "звезда" с 2 реле
30	10000	110	10	14	19	8	2	Полная "звезда" с 3 реле

Максимальный рабочий ток первичной обмотки силового трансформатора определяется по формуле:

$$I_{\text{раб.мах}} = \frac{S_{\text{ИТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н1}}},$$

2.1.2. Рассчитать ток уставки срабатывания реле, А:

$$I_{\text{у.ср}} = \frac{I_{\text{СМТЗ}}}{K_1} \cdot K_{\text{СХ}},$$

где  $K_{\text{СХ}}$  – коэффициент схемы, при включении реле на фазные токи (схема соединения ТА полная или неполная звезда)  $K_{\text{СХ}} = 1$ , при включении реле на разность фазных токов (схема соединения ТА полный или неполный треугольник)  $K_{\text{СХ}} = \sqrt{3}$ ;

$K_1$  = коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока.

Для определения  $K_1$  необходимо по рабочему току  $I_{\text{раб.мах}}$  выбрать измерительный трансформатор тока с первичным током  $I_{\text{Н1}} \gg I_{\text{раб.мах}}$ . Коэффициент трансформации рассчитать по формуле:

$$K_1 = \frac{I_{\text{Н1}}}{I_{\text{Н2}}},$$

где  $I_{\text{Н2}}$  – номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока,  $I_{\text{Н2}} = 5\text{А}$ .

2.1.3. Рассчитать коэффициент чувствительности МТЗ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{р.мин}}^{(2)}}{I_{\text{у.ср}}},$$

где  $I_{\text{р.мин}}^{(2)}$  – наибольший из вторичных токов, протекающих в одном из реле защиты при двухфазном КЗ за трансформатором в минимальном режиме работы схемы, А.

Формулы для расчета  $I_{\text{р.мин}}^{(2)}$  приведены в таблице 1.5.2.

МТЗ является чувствительной, если коэффициент чувствительности  $K_{\text{ч}} \gg 1,5$ .

Таблица 1.5.2 - Формулы для расчета тока двухфазного КЗ за трансформатором

Схема соединения ТА	Коэффициент схемы $K_{СХ}$	Расчетные формулы
полная звезда	1	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{I_{K.min 2}}{K_I}$
неполная звезда	1	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{0,5I_{K.min 2}}{K_I}$
полный треугольник	$\sqrt{3}$	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{1,5I_{K.min 2}}{K_I}$
неполный треугольник	$\sqrt{3}$	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{1,5I_{K.min 2}}{K_I}$

2.2. Рассчитать ТО силового трансформатора.

2.2.1. Рассчитать ток срабатывания ТО, кА:

$$I_{с.то} = K_n \cdot I_{к.мах},$$

где  $K_n$  – коэффициент надежности,  $K_n = 1,4$ .

Рассчитать ток уставки срабатывания реле, А:

$$I_{у.ср} = \frac{I_{с.то}}{K_I \cdot K_T},$$

$K_T$  – коэффициент трансформации защищаемого трансформатора.

Коэффициент трансформации силового трансформатора определяется по формуле:

$$K_T = \frac{U_{H1}}{U_{H2}},$$

где  $U_{H1}$  и  $U_{H2}$  – номинальные напряжения первичной и вторичной обмоток силового трансформатора соответственно, кВ.

2.2.2. Рассчитать коэффициент чувствительности ТО:

$$K_{ч} = \frac{I_{p.min}^{(2)}}{I_{у.ср}},$$

где  $I_{p.min}^{(2)}$  – наибольший из вторичных токов, протекающих в одном из реле защиты при двухфазном КЗ в минимальном режиме работы схемы, А.



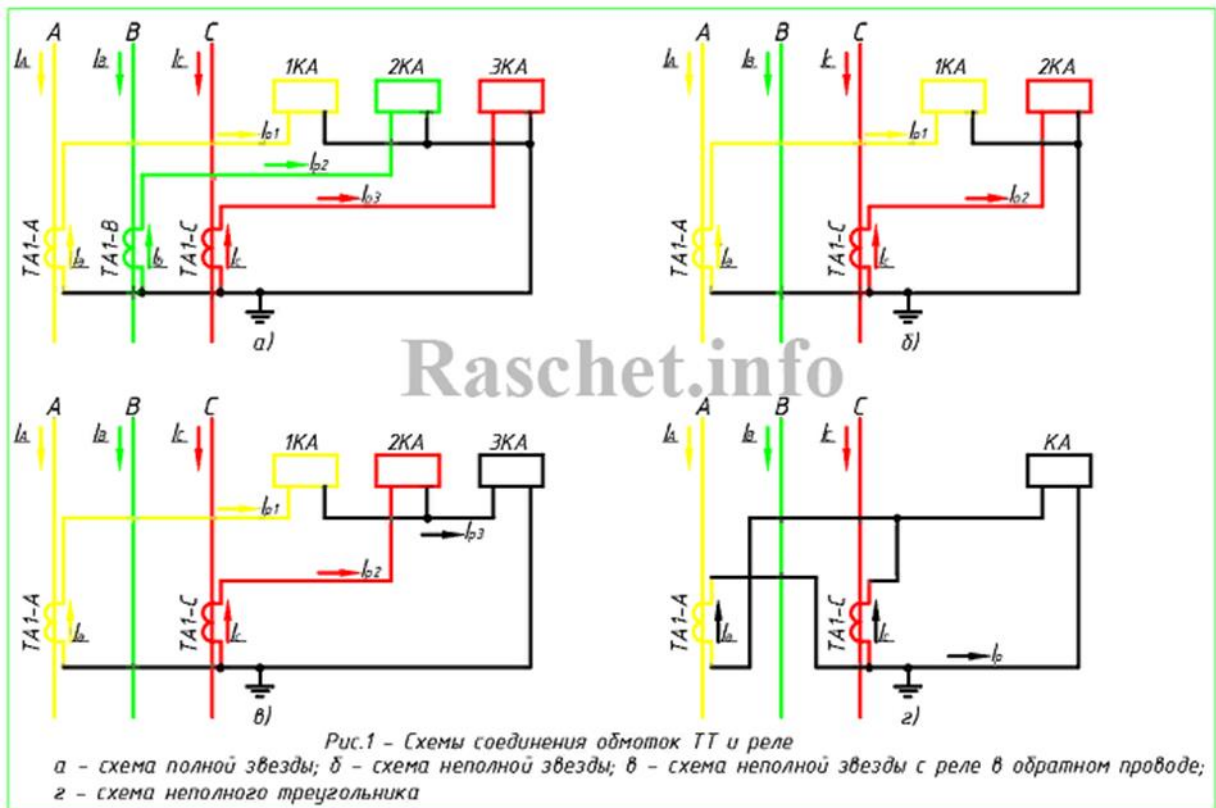
Формулы для расчета  $I_{p.min}^{(2)}$  приведены в таблице 1.5.3.

Таблица 1.5.3 - Формулы для расчета тока двухфазного КЗ в месте установки защиты

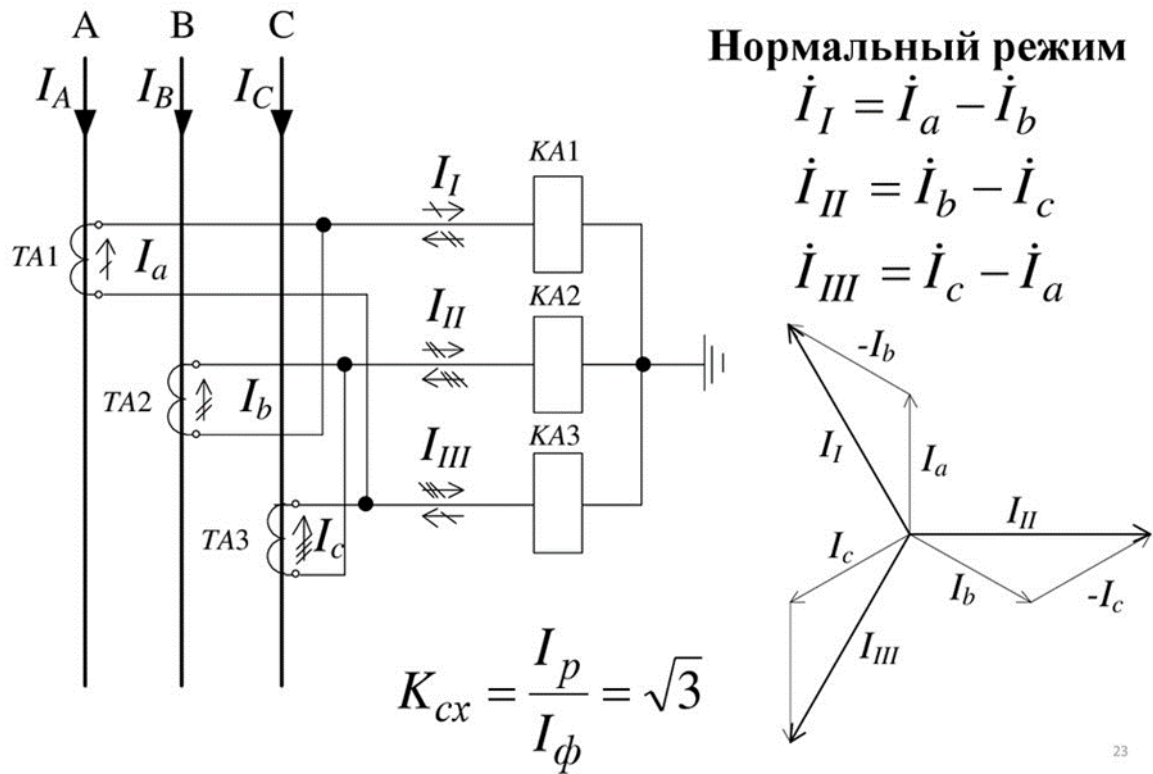
Схема соединения ТА	Коэффициент схемы $K_{сх}$	Расчетные формулы
полная звезда	1	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}I_{к.min 1}}{K_I}$
неполная звезда	1	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}I_{к.min 1}}{2K_I}$
полный треугольник	$\sqrt{3}$	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}I_{к.min 1}}{K_I}$
неполный треугольник	$\sqrt{3}$	$I_{p.min}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}I_{к.min 1}}{2K_I}$

ТО является чувствительной, если коэффициент чувствительности  $K_{\text{ч}} \gg 1,5$ .

**Примечание:** при расчете коэффициентов чувствительности МТЗ и ТО необходимо учитывать, чтобы токи  $I_{p.min}^{(2)}$  и  $I_{y.cр}$  имели одинаковые единицы измерения.



## Трехфазная схема соединения ТТ в треугольник, а обмоток реле в звезду



### Практическое занятие № 8

**Тема:** Изучение схемы АПВ ВЛ.

**Цель:** ознакомиться с назначением, устройством, работой и требованиями к АПВ фидеров 10 кВ

#### Оборудование и приборы:

Схема управления, защиты и АПВ фидера 6 и 10кВ.; справочная литература.

#### Краткие теоретические сведения.

Сущность автоматического повторного включения (АПВ) состоит в том, что элемент системы электроснабжения, отключившийся под действием РЗ, вновь включается под напряжение (если нет запрета на его повторное включение) и, если причина, вызвавшая отключение элемента, исчезла, остается в работе, благодаря чему потребители получают питание практически без перерыва.

Таким образом, устройства АПВ имеют назначение автоматически включать отключившийся элемент энергосистемы для восстановления работы потребителей или схемы их электропитания.

Опыт эксплуатации показывает, что многие повреждения в системах электроснабжения являются неустойчивыми и самоустраняются. К наиболее частым причинам, вызывающим неустойчивые повреждения элементов системы электроснабжения, относятся перекрытие изоляции линий при атмосферных перенапряжениях, схлестывание проводов при сильном ветре, замыкание линий различными предметами, отключение линий или трансформаторов вследствие кратковременных перегрузок или неизбирательного срабатывания РЗ, ошибочных действий дежурного персонала и т. д. Применение устройств АПВ различных элементов систем электроснабжения повышает надежность электроснабжения даже при одном источнике питания. Если КЗ самоустранилось, то линия, на которой произошло неустойчивое повреждение, при повторном включении остается в работе. Поэтому повторные включения при неустойчивых повреждениях принято называть успешными. На воздушных линиях (ВЛ) успешность повторного включения зависит от номинального напряжения линий. На линиях напряжением 110 кВ и более успешность повторного включения значительно выше, чем на ВЛ напряжением 6...35 кВ. Значительный процент успешных повторных включений в сетях высокого и сверхвысокого напряжения объясняется быстродействием РЗ (как правило, не более 0,10...0,15 с), большим сечением проводов и расстояний между ними, высокой механической прочностью опор. Реже на ВЛ возникают обрывы проводов, тросов или гирлянд изоляторов, падение или поломка опор и т. п. Такие повреждения не могут самоустраниться, поэтому их называют устойчивыми. В кабельных сетях к устойчивым повреждениям относятся механические разрушения кабелей при земляных и строительных работах. При устойчивом повреждении повторно включенная линия будет вновь отключена защитой. Поэтому повторные включения линий при устойчивых повреждениях называют неуспешными. Для ускорения повторного включения линий и уменьшения времени перерыва электроснабжения потребителей широко используют устройства АПВ. Время действия АПВ обычно не превышает нескольких секунд, поэтому устройства АПВ при успешном включении быстро обеспечивают подачу напряжения потребителям. Экономическое значение внедрения АПВ очень существенно, поскольку стоимость устройств АПВ несоизмеримо мала по сравнению с тем экономическим эффектом, который они дают. Эффективность действия АПВ определяется не только числом удачных повторных включений, но и числом потребителей, у которых при этом не нарушается нормальная работа. Наиболее часто АПВ применяются на линиях с односторонним питанием, так как в этих случаях

каждое успешное действие АПВ восстанавливает питание потребителей и предотвращает аварию.

В соответствии с ПУЭ должны соблюдаться следующие основные требования, касающиеся устройств АПВ:

- устройства АПВ не должны действовать при отключении выключателя персоналом дистанционно или с помощью телеуправления, при автоматическом отключении выключателя защитой непосредственно после включения его персоналом, при отключении выключателя защитой от внутренних повреждений трансформаторов и вращающихся машин устройствами противоаварийной автоматики, а также в других случаях отключений выключателя, когда действие АПВ недопустимо;
- устройства АПВ должны быть выполнены так, чтобы была исключена возможность многократного подключения оборудования к участку с не устранённым КЗ при любой неисправности в схеме устройства;
- устройства АПВ должны выполняться с автоматическим возвратом;
- при применении АПВ необходимо предусматривать ускорение действия защиты на случай неуспешного АПВ. Ускорение действия защиты после включения выключателя устройствами АПВ выполняют с помощью устройства ускорения, которое используют и при включении выключателя другими способами (ключом управления, с помощью телеуправления или устройства АВР). Не следует ускорять действие защиты после включения выключателя, когда линия уже включена под напряжение другим своим выключателем;
- устройства трехфазного АПВ (ТАПВ) необходимо выполнять с пуском, происходящим в результате несоответствия между ранее поданной оперативной командой и отключенным положением выключателя (допускается также пуск устройства АПВ от защиты).

#### **Порядок выполнения:**

1. Схема управления, защиты и АПВ фидера 6 и 10кв. (рис.3.3)
2. Требования к устройствам АПВ.
3. Описание автоматического отключения выключателя линии при к.з. и перегрузках. Работа токовой отсечки (ТО) и максимальной токовой защиты (МТЗ) цепи АПВ при помощи реле РПВ – 58.
4. Вывод.

#### **Ход работы.**

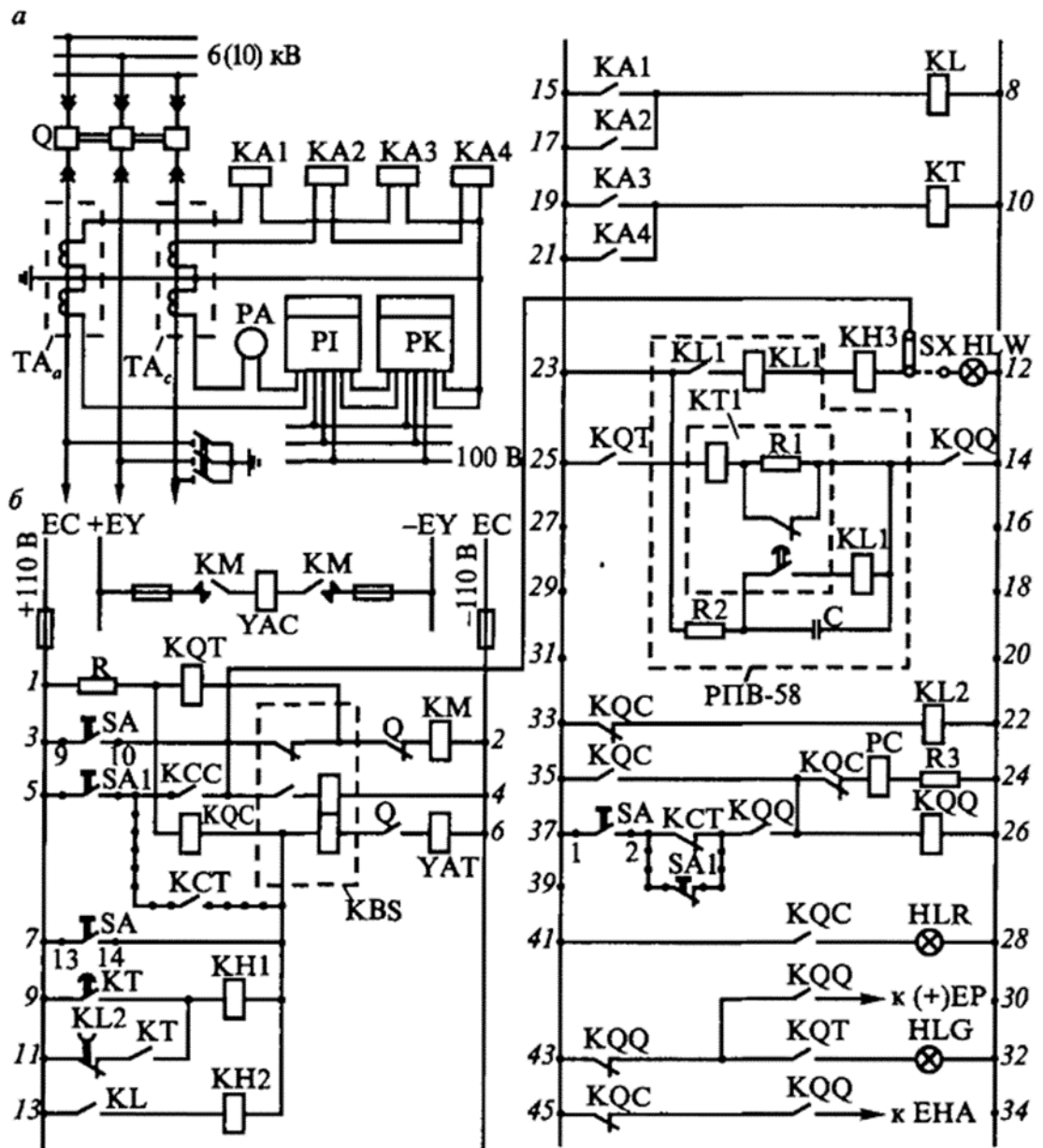


Рис. 3.3. Схемы управления, защиты и АПВ фидера 6 и 10 кВ:  
*а* — схема линии; *б* — принципиальная схема вторичной коммутации линии

### Практическое занятие № 9

**Тема:** Изучение схемы АВР.

**Цель:** ознакомиться с назначением, требованиями, устройством и принципами работы АВРЛ.

#### Оборудование и приборы:

Схема АВРЛ питающей линии; справочная литература.

#### Краткие теоретические сведения.

Одним из основных требований, предъявляемых потребителями электрической энергии, является требование надежности электроснабжения. Подключение потребителей к одному источнику питания через одиночную линию этой надежности не обеспечивает. В случае выхода из строя генератора или линии электроснабжение прекращается, что приводит к нарушению нормального режима работы потребителей и сопровождается большим материальным ущербом.

Надежность питания может быть повышена за счет резервирования как источника питания, так и линии. Эффективность введения резерва тем выше, чем меньше перерыв в питании с момента отключения рабочего элемента до момента включения резервного. Быстрое включение резервного элемента возможно только с помощью средств автоматики. Устройства, которые осуществляют такое включение, называются устройствами автоматического включения резерва (АВР). В современных энергосистемах устройства АВР получили широкое распространение. В большинстве случаев они действуют успешно, обеспечивая бесперебойное электроснабжение потребителей. Для большинства электрических сетей характерна раздельная работа линий и трансформаторов. Устройства АВР должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- возможность действия устройств АВР должна быть обеспечена при исчезновении напряжения на шинах питаемого элемента, вызванном любой причиной, в том числе КЗ на этих шинах (последнее — при отсутствии АПВ шин);
- при отключении выключателя рабочего источника питания устройства АВР должно включать без дополнительной выдержки времени выключатель резервного источника питания. При этом должна обеспечиваться однократность действия устройства;
- для обеспечения действия АВР при обесточении питаемого элемента в связи с исчезновением напряжения со стороны питания от рабочего источника и при отключении выключателя с приемной стороны (например, для случаев, когда защита рабочего элемента действует только на отключение выключателей со стороны питания) в схеме АВР необходимо предусмотреть пусковой орган напряжения (ПОН). При исчезновении напряжения на питаемом элементе и при наличии напряжения со стороны питания от резервного источника ПОН должен действовать с выдержкой времени на отключение выключателя рабочего источника питания с приемной стороны; ПОН АВР не предусматривают, если рабочий и резервный элементы имеют один источник питания;
- элемент минимального напряжения ПОН АВР, реагирующий на исчезновение напряжения рабочего источника, должен быть отстроен по снижению напряжения при самозапуске электродвигателей и при удаленных КЗ. Напряжение срабатывания элемента

контроля напряжения на шинах резервного источника ПОН АВР должно выбираться по возможности исходя из условия самозапуска электродвигателей. Время действия ПОН АВР должно быть больше времени отключения участков с внешними КЗ, при которых снижение напряжения вызывает срабатывание элемента минимального напряжения ПОН, и, как правило, больше времени действия АПВ со стороны питания; элемент минимального напряжения ПОН АВР должен быть выполнен так, чтобы исключалась его ложная работа при перегорании одного из предохранителей трансформатора напряжения со стороны обмотки высшего или низшего напряжения. В случае защиты обмотки НН автоматическим выключателем при отключении последнего действие ПОН должно блокироваться;

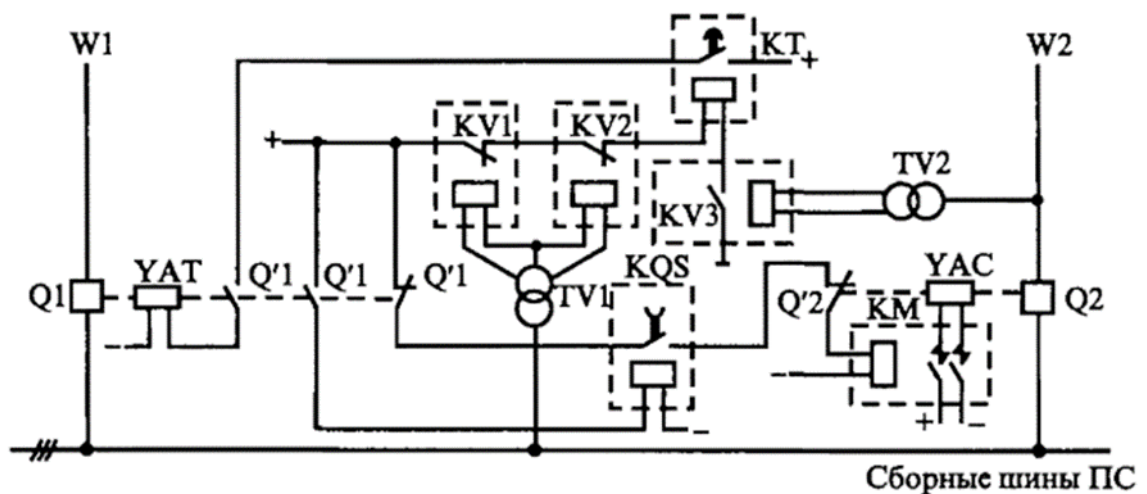
- при выполнении устройства АВР необходимо учитывать перегрузку резервного источника питания, возможность самозапуска электродвигателей и, если имеет место чрезмерная перегрузка или не обеспечивается самозапуск, выполнять разгрузку при действии АВР (например, отключение неответственных, а в некоторых случаях — и части ответственных электродвигателей; для последних рекомендуется применение АПВ);
- устройства АВР не должны действовать на включение потребителей, отключенных устройствами АЧР. Для этого должны применяться специальные меры (например, блокировка по частоте).

### Порядок выполнения:

1. Схема АВРЛ питающей линии (рис. 3.6)
2. Назначение и основные требования к АВРЛ.
3. Устройство и принцип действия АВРЛ питающей линии.
4. Вывод.

### Ход работы.

1. Схема АВРЛ питающей линии.



## Практическое занятие № 10

**Тема:** Изучение схемы двукратного АПВ

**Цель:** Ознакомление с принципом работы устройства электрического трёхфазного автоматического повторного включения (АПВ) двукратного действия с реле типа РПВ-258 и проверка их работы на линии с односторонним питанием.

### Оборудование и приборы:

Схема устройства электрического трёхфазного автоматического повторного включения (АПВ) двукратного действия с реле типа РПВ-258 и проверка их работы на линии с односторонним питанием; справочная литература.

### Краткие теоретические сведения.

Восстановление питания потребителей или между системных, внутрисистемных электрических связей путем автоматического включения выключателей, отключенных устройствами защиты при повреждениях элементов электроэнергетической системы или случайных отключениях. Автоматическое включение после восстановления частоты потребителей, отключенных устройствами АЧР.

Большинство повреждений воздушных линий электропередачи возникает в результате схлестывания проводов при сильном ветре и гололеде, нарушения изоляции во время грозы, падения деревьев, набросов, замыкания проводов движущимися механизмами и т. п. Эти повреждения неустойчивы и при быстром отключении поврежденной линии самоустраиваются. В этом случае при повторном включении линии она остается в работе и электроснабжение потребителей не прекращается. Повторное включение осуществляется автоматически устройством автоматического повторного включения (УАПВ). При устойчивых повреждениях защита снова отключает линию после действия УАПВ, т. е. происходит неуспешное АПВ. По статистическим данным, УАПВ в системах электроснабжения нашей страны имеют в среднем 60—75% успешных действий. Такая эффективность УАПВ делает их одним из основных средств повышения надежности электроснабжения. Устройствами АПВ должны оборудоваться воздушные и смешанные кабельно-воздушные линии всех типов напряжением выше 1 кВ при наличии на них соответствующих коммутационных аппаратов. В эксплуатации применяются устройства АПВ, различающиеся по следующим основным признакам: по числу фаз выключателей, включаемых устройством АПВ,— трехфазное (ТАПВ) и однофазное (ОАПВ); по способу проверки синхронизма при АПВ — для линий с двусторонним питанием; по способу воздействия на привод выключателя —



механические и электрические устройства АПВ; по кратности действия — АПВ однократного и многократного действия.

Схемы УАПВ различаются также по способу пуска, по способу возврата в положение готовности к действию, по типу элементов схемы электроснабжения, оборудованных устройством АПВ.

Требования к АПВ:

1. Схемы АПВ должны приходить в действие при аварийном отключении выключателя (или выключателей), находившегося в работе. В некоторых случаях схемы АПВ должны отвечать дополнительным требованиям, при выполнении которых разрешается пуск АПВ: например, при наличии или, наоборот, при отсутствии напряжения, при наличии синхронизма, после восстановления частоты и т. д.

2. Схемы АПВ не должны приходить в действие при оперативном отключении выключателя персоналом, а также в случаях, когда выключатель отключается релейной защитой сразу же после его включения персоналом, т. е. при включении выключателя на КЗ, поскольку повреждения в таких случаях обычно бывают устойчивыми. В схемах АПВ должна также предусматриваться возможность запрета действия АПВ при срабатывании отдельных защит. Так, например, как правило, не допускается действие АПВ трансформаторов при внутренних повреждениях в них. В отдельных случаях не допускается действие АПВ линий при срабатывании дифференциальной защиты шин.

3. Схемы АПВ должны обеспечивать определенное количество повторных включений, т. е. действие с заданной кратностью. Наибольшее распространение получили АПВ однократного действия. Применяются также АПВ двукратного, а в некоторых случаях и трехкратного действия.

4. Время действия АПВ должно быть минимально возможным, для того чтобы обеспечить быструю подачу напряжения потребителям и восстановить нормальный режим работы. Наименьшая выдержка времени, с которой производится АПВ на линиях с односторонним питанием, принимается 0,3–0,5 с. Вместе с тем, в некоторых случаях, когда наиболее вероятны повреждения, вызванные набросами и касаниями проводов, передвижными механизмами, целесообразно для повышения успешности АПВ принимать увеличенные выдержки времени.

5. Схемы АПВ должны автоматически обеспечивать готовность выключателя, на который действует АПВ, к новому действию после его включения.

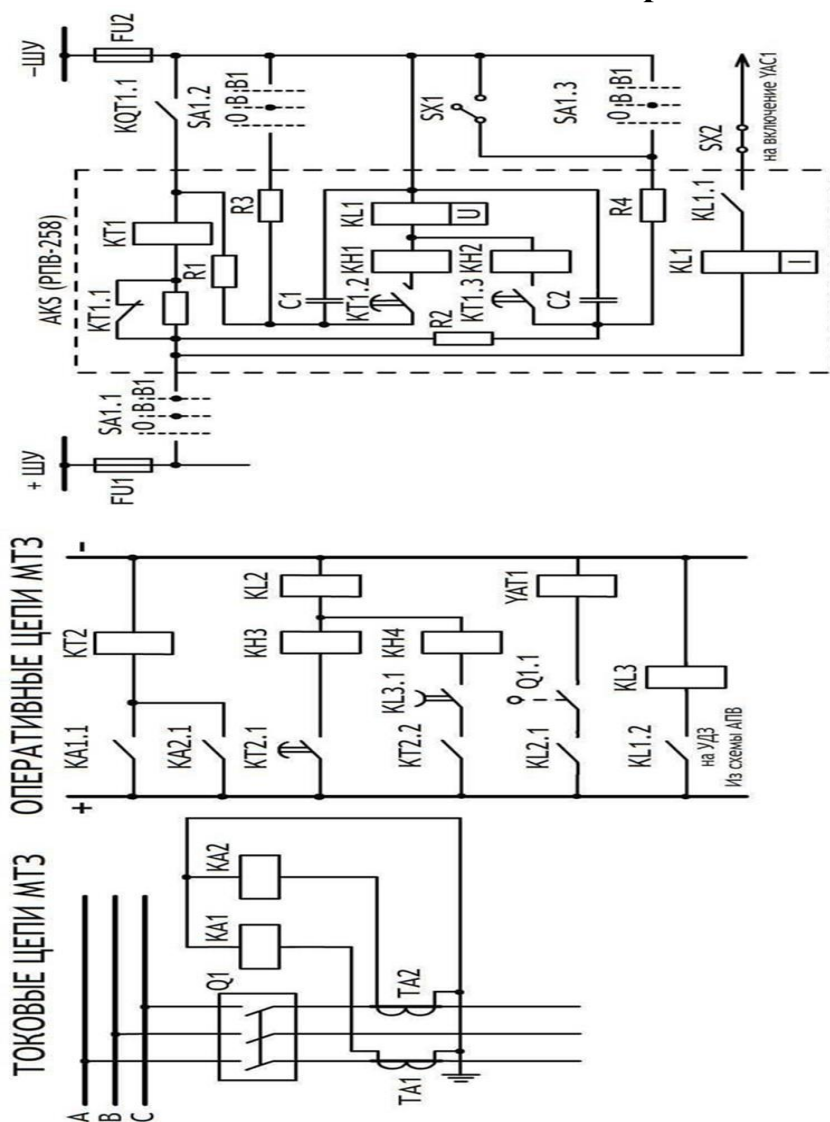
#### **Порядок выполнения:**

1. Принцип действия УАПВ двукратного действия на постоянном оперативном токе РПВ-258 с ускорение действия защиты после АПВ (рис.1)

2. Успешное АПВ после 1-ого цикла. Неуспешное АПВ после 1-ого цикла.

3. Успешное АПВ после 2-ого цикла. Неуспешное после АПВ 2-ого цикла.
4. Отключение АПВ при выводе эл. оборудования в ремонт
5. Вывод.

### Ход работы.



### Практическое занятие № 11

**Тема:** Изучение схемы АЧР

**Цель:** изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ).

#### Оборудование и приборы:

Схема устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ); справочная литература.

#### Краткие теоретические сведения.

Частота является одним из основных показателей качества электроэнергии. Согласно ГОСТ 13109 – 97 «Норма качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» нормально допустимое значение отклонения частоты не должно превышать  $\pm 0,2$  Гц, а предельно допустимое значение отклонения частоты не должно превышать  $\pm 0,4$  Гц. Допустимая длительность работы тепловых электрических станций при частоте ниже номинального значения определяется в значительной степени работой механизмов собственных нужд. Мощность, выдаваемая электростанцией при снижении частоты, определяется как производительностью механизмов собственных нужд, так и реакцией на снижение частоты турбин и их систем регулирования. Снижение частоты в энергосистеме приводит к снижению производительности механизмов собственных нужд электростанций. В первую очередь снижение частоты сказывается на работе таких механизмов собственных нужд, как питательные и циркуляционные насосы, вентиляторы, дымососы, т.е. механизмов, производительность которых имеет высокую зависимость от частоты. Снижение производительности механизмов собственных нужд ведет к снижению

мощности паровых турбин, а в условиях дефицита мощности в энергосистеме – к дальнейшему снижению частоты. Этот процесс носит название «лавины частоты». Процесс снижения частоты в энергосистеме сопровождается также снижением напряжения, которое происходит вследствие уменьшения частоты вращения возбудителя, расположенного на одном валу с генератором. Вырабатываемая генератором реактивная мощность снижается, что приводит к снижению напряжения в сети. При дальнейшем лавинообразном снижении частоты лавинообразно снижается вырабатываемая генератором реактивная мощность. Аварийное снижение частоты в энергосистеме, вызванное внезапным возникновением значительного дефицита активной мощности, протекает очень быстро – в течение нескольких секунд. Поэтому дежурный персонал, не успевает принять каких – либо мер, вследствие чего ликвидация аварийного режима должна возлагаться на устройства автоматики. Для предотвращения развития аварии должны быть немедленно мобилизованы все резервы активной мощности, имеющиеся на электростанциях. При отсутствии вращающегося резерва мощности единственным способом восстановления частоты является отключение части наименее ответственных потребителей, которое осуществляется с помощью специальных устройств – автоматической частотной разгрузки (АЧР). Следует отметить, что АЧР всегда связана с определённым народнохозяйственным ущербом, поскольку отключение линий, питающих потребителей влечёт за собой недопроизводство продукции. Несмотря на это АЧР широко используется в энергосистемах. Она является средством предотвращения значительно больших убытков из-за полного расстройства работы энергосистемы

Требования, предъявляемые к АЧР:

1 Частотная разгрузка должна выполняться после максимального использования имеющегося в энергосистеме вращающегося резерва на тепловых электростанциях.

2 Мощность, отключаемая устройствами АЧР, должна быть достаточной для ликвидации максимального реально возможного дефицита мощности.

3 Устройства АЧР должны выполняться таким образом, чтобы полностью исключить возможность возникновения лавины частоты и напряжения. В настоящее время на основании требований заводов – изготовителей оборудования, опыта эксплуатации и анализа экспериментальных данных по работе электростанций и потребителей при снижении частоты устройства АЧР должны выполняться с таким расчетом, чтобы:

- была полностью исключена возможность даже кратковременного снижения частоты ниже 45 Гц;

- время работы с частотой ниже 47 Гц не превышало 20 секунд;

- время работы с частотой ниже 48,5 Гц не превышало 60 секунд.

4 Устройства АЧР должны размещаться таким образом, чтобы обеспечить ликвидацию любого дефицита мощности независимо от места его возникновения и характера развития аварии (местные или общесистемные дефициты мощности, каскадное развитие аварии ит.п.).

5 Мощность потребителей, отключаемых АЧР, должна по возможности приближаться к возникающим дефицитам мощности, т.е. система АЧР должна быть самонастраивающейся.

6 Автоматическая частотная разгрузка должна обеспечивать подъём частоты до значений 49 – 49,5 Гц, при которых энергосистема может длительно работать нормально. Дальнейший подъём частоты осуществляется автоматическим включением резервных гидрогенераторов или же мероприятиями, проводимыми диспетчером энергосистемы.

7 Автоматическая частотная разгрузка не должна ложно срабатывать в случаях кратковременного снижения частоты вызванных КЗ, а также циклами АПВ и АВР.

8 Действие АЧР должно удовлетворять требованию минимизации ущерба при отключении потребителей, т.е. в первую очередь должны отключаться менее ответственные потребители.

АЧР1 предназначена для предотвращения глубокого снижения частоты в первое время развития аварии. АЧР2 предназначена для восстановления частоты до нормального значения, если она длительно остается пониженной, или, как говорят, «зависает».

### **Порядок выполнения:**

1. Работа схемы АЧР с ЧАПВ в КРУ 6 – 10 кВ на релейно- контактных элементах (рис. 3.2.)

2. Требования, предъявляемые к АЧР.

3. Вывод.

## Ход работы.

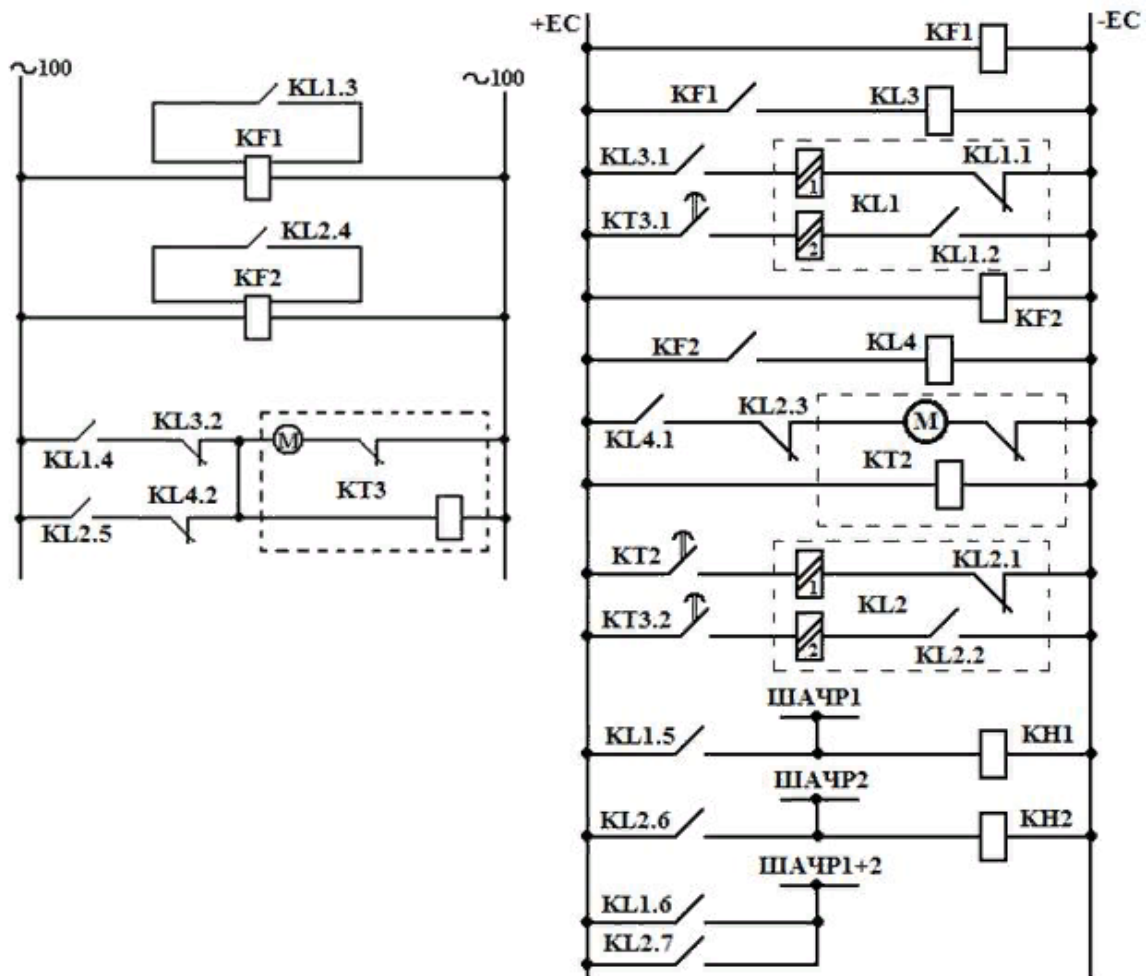


Рисунок 3.2 – Схема АЧР с ЧАПВ в КРУ 6 – 10 кВ

## Практическое занятие № 12

**Тема:** Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям.

**Цель:** изучить этапы и объем пуско-наладочных работ, методику выявления неисправностей электрооборудования.

### Оборудование и приборы:

Методика выявления неисправностей электрооборудования.; инструкции и справочная литература.

### Краткие теоретические сведения.

Пусконаладочные работы по электротехническим устройствам выполняют в четыре этапа.

**На первом этапе** персонал пусконаладочной организации должен:

- изучить полученную от заказчика электрическую часть проекта, ее связь с технологией производства, техническую документацию предприятий-изготовителей; - разработать и согласовать с заказчиком рабочую программу и проект производства пусконаладочных работ (ППР), включающий мероприятия по технике безопасности;
- получить от заказчика характеристики установок электрических аппаратов устройств защиты и автоматики;
- передать заказчику замечания по проекту и оборудованию, выявленные в процессе анализа проекта, разработки рабочей программы и проекта производства работ; подготовить необходимые инструкции, технологические карты и методические указания по наладке, приборы, инструменты и приспособления, необходимые формы отчетной документации (протоколов). В проекте производства работ должны быть учтены следующие вопросы:
- объем предстоящих наладочных работ, степень их сложности и согласованные с заказчиком сроки выполнения;
- численность и квалификация персонала, необходимого для выполнения пусконаладочных работ, и его закрепление за отдельными установками, узлами и зонами;
- организация технической подготовки (обучение) наладочного персонала;
- программы наладки отдельных видов электрооборудования; возможный объем наладочных работ, выполнение которых планируется до монтажа электрооборудования на объекте (предварительная наладка вне монтажной зоны);
- перечень приборов, инструментов, испытательного оборудования и приспособлений, необходимых для выполнения наладочных работ, а также материалов и оборудования для монтажа временных сетей электроснабжения;
- организационные и технические мероприятия по технике безопасности на весь период производства пусконаладочных работ.

**На втором этапе** производятся пусконаладочные работы вместе с электро-монтажными, с

подачей напряжения по временной схеме. Совмещенные работы выполняются соблюдением требований действующих правил техники безопасности до пусконаладочных работ в электротехнических помещениях должны быть закончены все строительные работы, включая и отделочные, закрыты проемы, колодцы и кабельные каналы, убраны леса, выполнены освещение, отопление и вентиляция, закончена установка электрооборудования с его заземлением. На этом этапе проверяют смонтированное электрооборудование с подачей напряжения от испытательных схем на отдельные устройства при отсутствии электромонтажного персонала в зоне наладки и соблюдении мер

безопасности в соответствии с требованиями СНиП и ПТБ. Выявленные в процессе испытаний и настройки дефекты в электрооборудовании устраняет заказчик, а дефекты и ошибки в монтаже — электромонтажная организация. По результатам проверки пусконаладочных работ составляют протоколы испытания заземления, измерения и испытания изоляции, настройки защит и релейно-контакторной аппаратуры, один экземпляр исполнительных принципиальных схем объектов электроснабжения, включаемых под напряжение.

**На третьем этапе** пусконаладочные работы проводятся с подачей напряжения по постоянной схеме для индивидуальных испытаний электрооборудования. В начале этапа вводят эксплуатационный режим в электроустановках и оформляют допуск наладочного персонала согласно действующим ПТБ при эксплуатации электроустановок. Выполняют настройку параметров электрооборудования, опробование схем управления, защиты и сигнализации, а также электрооборудования на холостом ходу для подготовки к индивидуальным испытаниям технологического оборудования. При индивидуальных испытаниях технологического оборудования уточняют параметры, характеристики и уставки защит электроустановок. На третьем этапе электрооборудование обслуживает заказчик, который обеспечивает расстановку эксплуатационного персонала, сборку и разборку электрических схем, а также технический надзор за состоянием электротехнического и технологического оборудования. После проведения индивидуальных испытаний технологического оборудования электрооборудование считается принятым в эксплуатацию. Заказчику передают протоколы испытаний электрооборудования повышенным напряжением, проверки устройств заземления и зануления, исполнительные принципиальные схемы. Остальные протоколы наладки электрооборудования могут быть переданы заказчику в двухмесячный срок, а по технически сложным объектам — в течение 4 месяцев после приемки объекта в эксплуатацию. Окончание пусконаладочных работ на этом этапе оформляется актом технической готовности электрооборудования комплексного опробования.

**На четвертом этапе** пусконаладочных работ производится комплексное опробование электрооборудования по согласованным программам. Проверяется взаимодействие электрических схем и систем электрооборудования в различных режимах. В ходе этих работ осуществляется:

- обеспечение взаимных связей, регулировка и настройка характеристик и параметров отдельных устройств и функциональных групп электроустановки для создания в ней заданных режимов работы;
- опробование электроустановки по полной схеме под нагрузкой во всех режимах работы для подготовки к комплексному опробованию технологического оборудования.

В период комплексного опробования электрооборудование обслуживает заказчик. Работа пусконаладочной организации считается законченной после подписания акта приемки пусконаладочных работ.

### **Контрольные вопросы по 1 разделу практической работы:**

- 1 Каковы основные этапы выполнения пусконаладочных работ?
- 2 Когда производят наладочные работы с подачей напряжения по временной схеме?
- 3 В каком порядке проводят комплексное опробование электрооборудования?

### **Методическая часть работы**

#### **ПРОВЕРКА СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Для контроля состояния механической части электрооборудования необходим его осмотр, в процессе которого выявляют общее состояние оборудования, все наружные дефекты, проверяют раствор и провал контактов аппаратов, взаимодействие отдельных механических частей оборудования (одновременность замыкания контактов и правильность действия блок-контактов автоматического выключателя, пускателей, контакторов и реле; работу механизма свободного расцепления у автоматических выключателей, выключателей нагрузки и масляных выключателей с ручным приводом и т. д.), т. е. работоспособность оборудования без подачи на него напряжения (опробование от руки). Механическое состояние электрических машин проверяют внешним осмотром, проворачиванием вала вручную (малых машин), затем после соответствующих испытаний опробованием на холостом ходу или на холостом ходу с механизмом (если невозможно разъединить приводную машину с механизмом, например вентилятор на оси электродвигателя) и под нагрузкой с проверкой нагрева, вибрации и тока, потребляемого машиной, работы системы охлаждения. Механическое состояние измерительных трансформаторов, реакторов, комплектных распределительных устройств, различных шкафов, щитов и т. д. определяется только внешним осмотром и поведением уже после включения оборудования в работу. Состояние магнитопроводов оценивается в результате проверки тока и потерь холостого хода, снятия характеристик намагничивания, замеров напряжения срабатывания и времени отпадания. У измерительных трансформаторов тока и Дросселей снимают характеристики зависимости тока намагничивания  $I_{ном}$  в обмотке от приложенного к ней напряжения  $U$ , по которым можно обнаружить витковые замыкания. Эти характеристики необходимы для проверки по-



грешности трансформаторов тока для их использования в схемах релейной защиты при данных нагрузках.

**Наиболее часто при наладке оборудования встречаются такие дефекты:**

- неисправность устройства переключения обмоток силовых трансформаторов (отсутствие фиксации привода в нужном положении, механические повреждения приводов, отсутствие в переключателе контакта, неправильное соединение отпаек)
- дефекты корпуса оборудования (повреждения во время транспортировки, хранения и монтажных работ, повреждения уплотнений, болтовых и сварочных соединений, неплотные стыки и т.п.)
- дефекты коммутационной аппаратуры (неудовлетворительное состояние или полное отсутствие искрогасительных камер, плохая регулировка привода, тяг и контактной системы, замыкающих и размыкающих контактов)
- неисправности обмотки (механические повреждения, отклонение номинальных данных от проекта, нарушение междувитковой изоляции, увлажнение изоляции, превышение допустимых значений отклонений сопротивления обмоток постоянному току, нарушение соединений в токопроводах и выводах, в обмотках, несоответствие маркировки и групп соединений заводским паспортам, требованиям ГОСТа и другим документам)
- дефекты силовых кабелей (дефекты соединительных муфт, повреждения изоляции и ее оболочек, видимые дефекты концевых заделок, обрывы жил)
- неисправности магнитопроводов (засорение каналов вентиляции – роторов и статоров машин), механические повреждения и коррозия, которые приводят к замыканию листов стали между собой, слабая затяжка болтов у трансформаторов, нарушение изоляции стяжных болтов, нарушение зазоров, а также неплотное прилегание отдельных частей пускателей, контакторов, электромагнитов и реле друг к другу, неисправности заземляющих устройств (несоответствие сопротивлению заземлителя требованиям инструкций, ПТЭ, ПУЭ, дефекты соединений заземляющих проводников с корпусами оборудования)
- дефекты фарфоровой изоляции (внутренние дефекты, наружные повреждения в виде трещин, повреждений сваркой, сколов, течь масла в конденсаторах, вводах трансформаторов из-под уплотнений)

**Требования к электрооборудованию и общие неисправности определяют общую методику их выявления.**

Данная методика основана на следующей последовательности групп измерений, проверок и испытаний:

- испытания и замеры для определения состояния изоляции токоведущих частей оборудования
- проверка состояния магнитной системы и механической части, испытания и замеры для определения состояния токоведущих частей и качества контактных соединений оборудования
- проверка схем электросоединений

-проверка, настройка и испытания устройств релейной защиты, сигнализации, управления, автоматики и других вторичных устройств, окончательная оценка пригодности к использованию электрооборудования (индивидуальная и комплексная проверка работы)

**Контрольные вопросы по 2 разделу практической работы:**

- 1 Способы определения состояния механической части различного электрооборудования.
- 2 Дефекты механической части различного электрооборудования.
- 3 Способы выявления дефектов механической части электрооборудования.

**Содержание отчета практической работы:**

- 1 Тема практической работы.
- 2 Цель практической работы.
- 3 Ответы на контрольные вопросы по 1 разделу практической работы.
- 4 Ответы на контрольные вопросы по 2 разделу практической работы.
- 5 Заполнить таблицы:  
«Таблица основных этапов пусконаладочных работ».

Этапы пусконаладочных работ	Характеристика этапа	Основные документы	Деятельность руководителя пусконаладочных работ	Деятельность исполнителей пусконаладочных работ
-----------------------------	----------------------	--------------------	---	---

Таблица: «Испытания электрооборудования».

Виды испытаний	Основные документы, в соответствии с которыми проводят испытания	Место проведения испытаний	Цель испытаний	Деятельность персонала при проведении испытаний
----------------	--	----------------------------	----------------	---

**Практическое занятие № 13**

**Тема:**Измерение сопротивления катушек постоянному току.

**Цель:** изучить методы измерения сопротивления катушек постоянному току.

**Оборудование и приборы:**

Схемы измерения сопротивления постоянному току обмоток трансформаторов; справочная литература.

### Краткие теоретические сведения.

Измерение сопротивления катушек постоянному току осуществляется с целью проверки соответствия их напряжению питающей сети. Сопротивление может быть измерено с помощью амперметра и вольтметра. Амперметр, включенный последовательно с измеряемым сопротивлением, может быть отградуирован непосредственно в омах.

Указанный принцип измерения используется в простейших омметрах (последовательная схема омметра), но их показания зависят от колебаний напряжения. Для исключения влияния колебаний напряжения источника питания вместо амперметра и вольтметра можно применить один прибор, измеряющий соотношение токов и называемый мегомметром.

Сопротивление обмоток трансформаторов постоянному току в процессе эксплуатации измеряется для выявления неисправностей и дефектов в обмоточных проводах, в паяных соединениях обмоток, в контактных соединениях отводов, переключающих устройств.

Такие измерения могут производиться при вводе трансформатора в работу для контроля его состояния после транспортировки или длительного хранения, после ремонта — для контроля

При вводе в эксплуатацию новой аппаратуры выполняют выборочные измерения и результаты измерений сопротивления катушек одинаковых аппаратов сравниваются. Отклонения от номинала обычно не должны превышать  $\pm 10\%$ . Измерение сопротивления постоянному току катушек производят также при отсутствии на катушке маркировки, несоответствии обозначенного ее рабочего напряжения проектному и т. п.

Измерение сопротивления постоянному току широко применяется при всех пусконаладочных работах с целью выявления целостности токоведущих цепей машин и трансформаторов, обнаружения обрывов в параллельных цепях и металлических витковых замыканий в катушках, проверки качества паяек и правильности положения переключателей трансформаторов и других случаях. качества ремонтных работ, после отказа (аварии) трансформатора для выявления характера повреждения и выявления поврежденного узла (элемента) трансформатора. Измерение производится на всех ответвлениях. Сопротивления обмоток трехфазных трансформаторов, измеренные на одинаковых ответвлениях разных фаз при одинаковой температуре, не должны отличаться более чем на 2%. Значения сопротивления обмоток однофазных трансформаторов после температурного пересчета не должны отличаться более чем на 5% от исходных значений.

Перед измерением сопротивления обмоток трансформаторов, снабженных устройствами регулирования напряжения, следует произвести не менее трех полных циклов переключения.

Согласно ГОСТ 3483-88 допускается два метода измерения сопротивления постоянному току: метод падения напряжения и мостовой метод при токе, не превышающем 20 % номинального тока обмотки трансформатора. Метод падения напряжения предпочтителен при испытании трансформаторов III габарита и более, а также всех трансформаторов с РПН. Мостовой метод рекомендуется применять при испытании сухих трансформаторов и масляных трансформаторов I и II габаритов.

Измерение сопротивления следует производить на всех ответвлениях, т.е. во всех положениях переключающих устройств. Если переключающее устройство РПН имеет предизбирателя, предназначенный для реверсирования регулировочной части обмотки или для переключения грубых ступеней регулирования, то измерения производят при одном положении пред избирателя. Дополнительно производят по одному измерению при каждом из других положений пред избирателя. У обмоток трансформаторов, имеющих нулевой вывод, измеряются фазные сопротивления, а у обмоток, не имеющих нулевого вывода, — линейные сопротивления.

При измерении сопротивления одной обмотки другие обмотки трансформатора должны быть разомкнуты. При измерении сопротивлений следует определять (измерять) температуру обмоток трансформатора. Для трансформаторов, не подвергшихся нагреву и находящихся в нерабочем состоянии не менее 20 ч, за температуру обмотки принимают температуру верхних слоев масла. При этом измерения следует производить не ранее чем через 30 мин после заливки маслом трансформаторов мощностью до 1 МВА и не ранее чем через 2 ч — трансформаторов большей мощности.

По данным замеров величины сопротивления постоянному току определяется средняя температура обмоток трансформаторов и роторов электрических машин при тепловых испытаниях, а также подсчитываются активные потери в опытах короткого замыкания мощных трансформаторов. Измерение величины сопротивления обмоток постоянному току производится одним из следующих методов:

- методом электрического моста;
- методом амперметра и вольтметра;
- методом микрометра.

Выбор того или иного метода определяется требуемой точностью измерения, величиной измеряемого сопротивления, классом точности имеющихся измерительных приборов.

### Порядок выполнения:

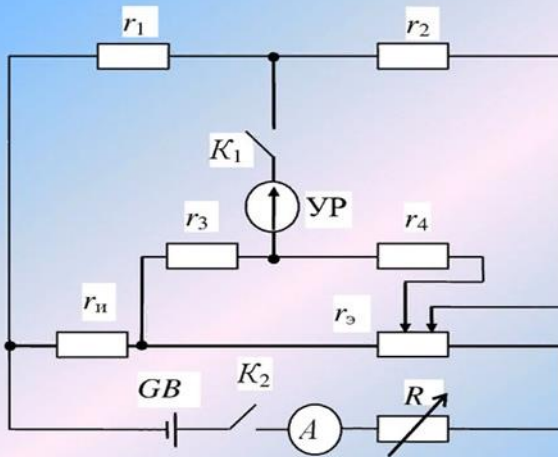
1. Измерения сопротивления постоянному току методом электрического моста
2. Измерения сопротивления постоянному току методом амперметра и вольтметра
3. Схемы измерения сопротивления постоянному току обмоток трансформаторов
4. Вывод.

### Ход работы.



## Принципиальная схема двойного моста постоянного тока

Данная схема применяется для измерения малых сопротивлений (менее 1 Ом)



УР – указатель равновесия;  
 $r_{и}$  – измеряемое сопротивление;  
 GB – аккумулятор;  
 $K_1$  и  $K_2$  – ключи;  
 R – реостат

Рис.1. Схемы измерения сопротивления постоянному току обмоток трансформаторов:

а — схема измерения малых сопротивлений; б — схема измерения больших сопротивлений

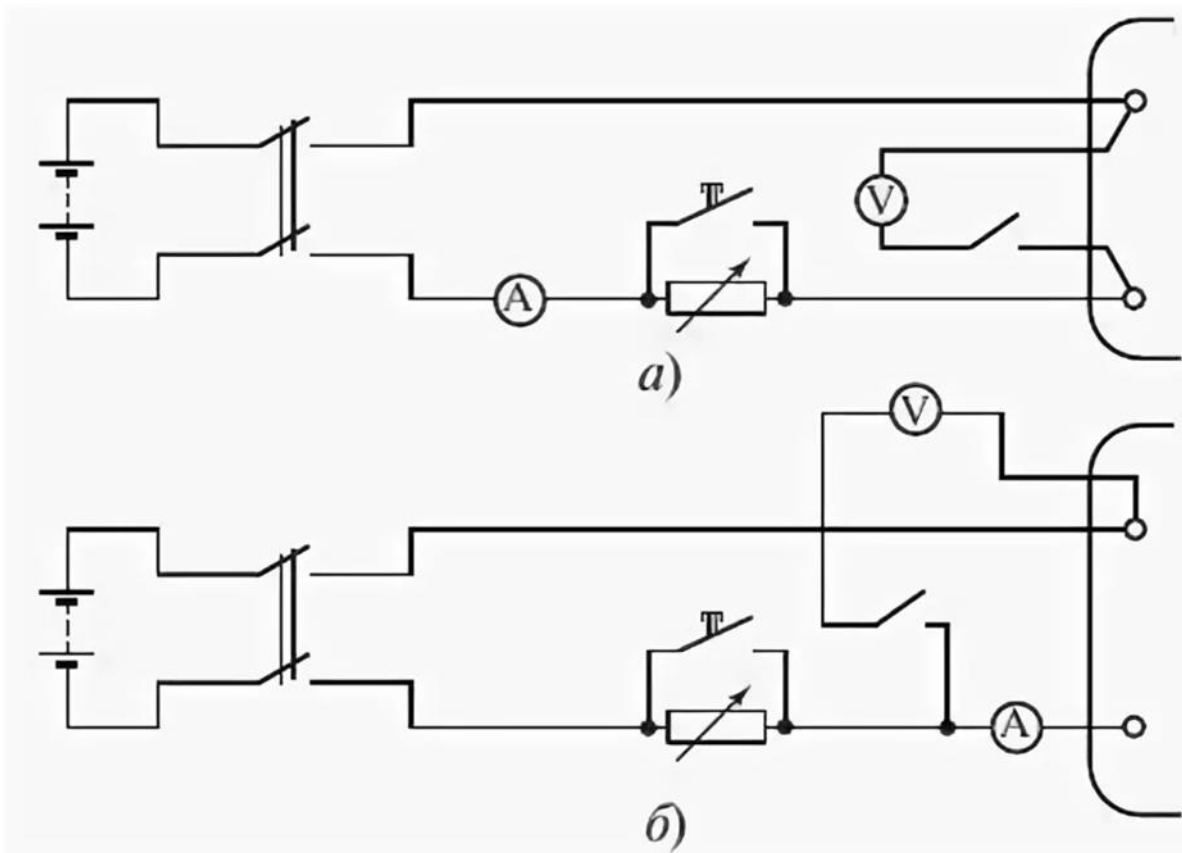
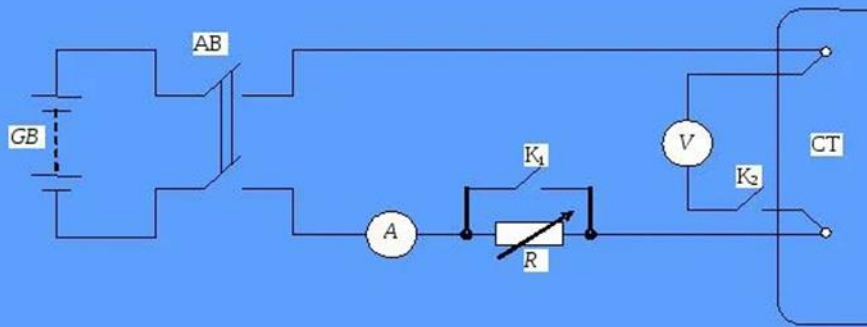


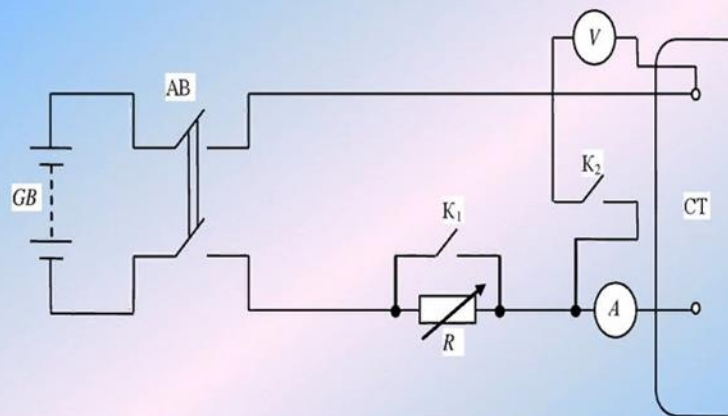
Схема измерения малых сопротивлений  
постоянному току СТ:  
(до 10 Ом)



GB – аккумулятор;  
AB – автомат;  
K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> – ключи;  
R – реостат

$$r_x = \frac{U}{I - \frac{U}{r_B}}$$

Схема измерения больших сопротивлений  
постоянному току СТ (менее 10 Ом)



GB – аккумулятор;  
AB – автомат;  
K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> – ключи;  
R – реостат

$$r_x = \frac{U}{I} - (r_A + r_{np}),$$

## Практическое занятие № 14

Тема: Ознакомление с оборудованием энергодиспетчерского пункта.

Цель работы: ознакомиться с составом оборудования энергодиспетчерского пункта.

### Оборудование и приборы:

Рабочее место энергодиспетчера (пульт управления и передающий полукomплект телеуправления или персональный компьютер, оснащенный программой рабочего места энергодиспетчера) (экскурсия на энергодиспетчерский пункт)

### Краткие теоретические сведения

В настоящее время в дистанциях электроснабжения применяются системы телемеханики различных поколений. В старых системах телемеханики алгоритм работы реализован в схемах, то есть, выполнен с помощью жесткой (монтажной) логики. Такие системы были выполнены на основе электронной и микроэлектронной элементной базы, имеют ограниченные возможности по объему передаваемой информации. Для передачи команд управления в таких системах, как правило, применяется пульт управления, передающий полукomплект телеуправления (стойка диспетчерского пункта) и частотный передатчик. Новые системы телемеханики выполняются на основе микропроцессорных устройств, и алгоритм работы реализуется в них программно. В этом случае на энергодиспетчерском пункте устанавливаются несколько персональных компьютеров, соединенных в локальную сеть.

Диспетчерский пункт осуществляет оперативное управление и контроль работы всех элементов системы электроснабжения, руководство дежурным персоналом по производству оперативных переключений и допуску к ремонтным работам, руководство ликвидациями аварий в системе электроснабжения, контроль за нагрузкой отдельных линий и подстанций, контроль за режимами электропотребления по цехам и предприятию.

Из диспетчерского пункта осуществляется централизованное автоматизированное управление всей системой электроснабжения предприятия на основе средств телемеханики и компьютеризации. На диспетчерском пункте контролируются электрическая нагрузка и напряжение в различных точках электрической сети предприятия, производятся переключения с целью устранения аварийных режимов, а также для вывода в ремонт подстанционного и линейного оборудования. В диспетчерский пункт входят помещения:

- диспетчерская с размещением диспетчерского щита и пульта управления — рабочее место диспетчера;
- аппаратная, где размещается различная аппаратура (устройства питания, релейные шкафы, устройства телемеханики и др.);
- мастерская для мелкого ремонта аппаратуры и лаборатория для ее наладки;



-вспомогательные помещения (кладовая, санузел, комната для ремонтных бригад).

Компоновка диспетчерского пункта выполняется с обеспечением удобства монтажа и коммутационных соединений, наблюдения за обслуживаемым оборудованием, доступа во все помещения. В диспетчерской размещаются диспетчерские щиты и пульта, на которых устанавливаются приборы контроля, средства сигнализации и автоматизации, органы управления. По назначению щиты и пульта подразделяют на оперативные (контроля и управления) и щиты вспомогательных устройств. На диспетчерском щите размещается мнемоническая схема, которая с помощью условных графических изображений элементов системы электроснабжения отображает технологический процесс и представляет собой информационную модель контролируемого объекта, процесса. По степени надежности питания диспетчерские пункты относят к потребителям 1-й категории. Установленные на диспетчерском пункте приборы телемеханизации позволяют получить необходимую информацию о состоянии электрооборудования, находящегося на значительном расстоянии, о параметрах системы электроснабжения, потреблении электрической энергии. При этом используются средства телемеханизации, к которым относятся устройства телеизмерения, телесигнализации и телеуправления. На подстанциях, оборудованных системами автоматизации и телемеханизации, предусматривается местное управление выключателями для их наладки, возможности ревизии и ремонта оборудования РУ. Оборудование диспетчерского пункта заземляют в соответствии с ПУЭ.

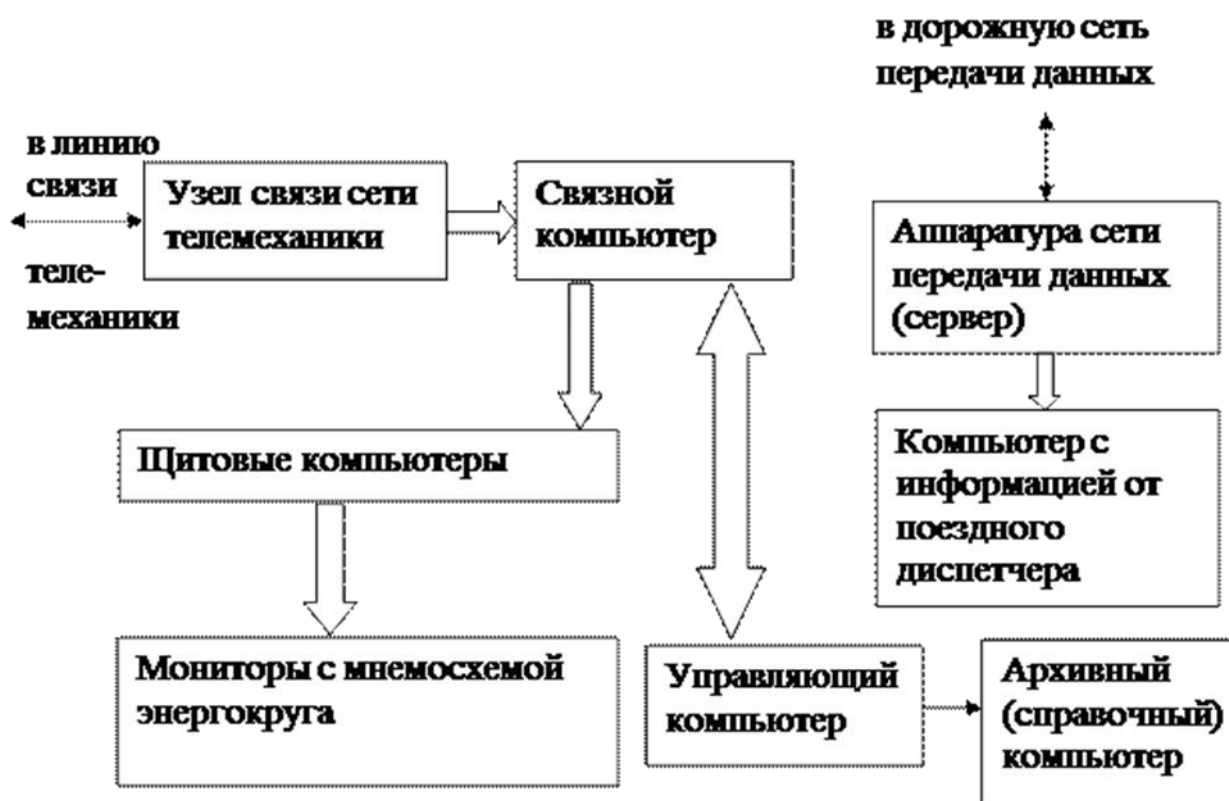


### **Порядок выполнения работы**

1. Структурная схема энергодиспетчерского пункта.
2. Описание основных блоков и работы структурной схемы энергодиспетчерского пункта.
3. Вывод.

## Ход работы.

Рис. 1. Структурная схема энергодиспетчерского пункта.



### Практическое занятие № 15

**Тема:** Ознакомление с аппаратурой телемеханики контролируемого пункта (подстанции).

**Цель:** ознакомиться с составом и работой оборудования контролируемого пункта

#### Оборудование и приборы:

- Структурная схема приемного устройства ТУ;
- Руководство по эксплуатации изучаемой стойки телемеханики.

#### Краткие теоретические сведения.

В системах телемеханики на контролируемых пунктах (тяговых подстанциях, постах секционирования и т.д.) устанавливаются стойки или шкафы контролируемых пунктов (КП). Это оборудование может выполнять функции приема серий телеуправления (стойки ТУ КП) или передачи серий телесигнализации (стойки ТС КП). В микропроцессорных системах на контролируемых пунктах устанавливается только одна стойка, которая работает и в режиме телеуправления, и в режиме телесигнализации, а также позволяет собирать телеизмерительную и диагностическую информацию и передавать ее на энергодиспетчерский пункт по линиям связи различного типа. Стойки или шкафы контролируемых пунктов могут иметь различные модификации. Как правило, в их состав входит микропроцессорный контроллер (один или несколько), блок питания, узел связи (модем), устройство для декодирования

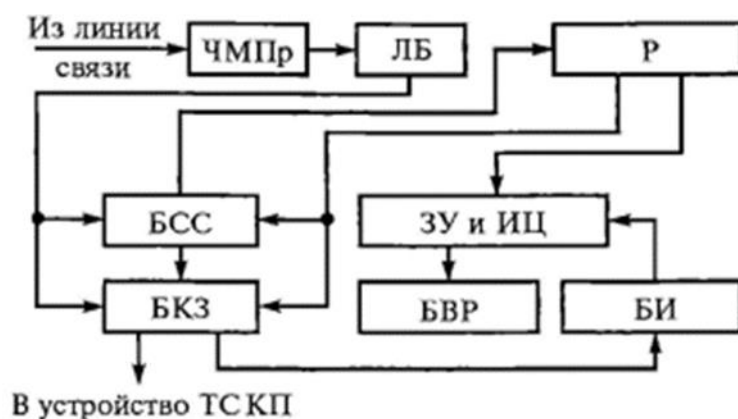
сигналов управления, устройство для первичного преобразования дискретных сигналов (телесигнализации), клеммы для подключения цепей телеуправления и телесигнализации, дополнительные адаптеры для подключения устройств телеизмерения. Для передачи команд в оперативные цепи применяются специальные малогабаритные промежуточные реле, устанавливаемые в модуле стойки контролируемого пункта. Количество объектов телеуправления и телеконтроля может варьироваться в зависимости от типа контролируемого пункта. Если на контролируемом пункте предусмотрено постоянное дежурство, то кроме стойки КП на нем устанавливается промышленный компьютер для дистанционного управления объектами. Организация сохранения и предоставления информации в таком компьютере аналогична оборудованию диспетчерского пункта.

### Порядок выполнения

1. Определить назначение оборудования контролируемого пункта.
2. Структурная схема приемного устройства ТУ. Прием командной серии на контролируемый пункт.
3. Вывод.

### Ход работы

Рис.1. Структурная схема приемного устройства ТУ



### Практическое занятие № 16

**Тема:** Изучение конструкции стойки контролируемого пункта.

**Цель:** ознакомиться со структурой, основными элементами стойки и шкафа контролируемого пункта.

### Оборудование и приборы:

- Стойка телемеханики контролируемого пункта;
- Руководство по эксплуатации изучаемой стойки телемеханики.

### Краткие теоретические сведения.

В системах телемеханики на контролируемых пунктах (тяговых подстанциях, постах секционирования и т.д.) устанавливаются стойки или шкафы контролируемых пунктов (КП). Это оборудование может выполнять функции приема серий телеуправления (стойки ТУ КП) или передачи серий телесигнализации (стойки ТС КП). В микропроцессорных системах на контролируемых пунктах устанавливается только одна стойка, которая работает и в режиме телеуправления, и в режиме телесигнализации, а также позволяет собирать телеизмерительную и диагностическую информацию и передавать ее на энергодиспетчерский пункт по линиям связи различного типа. Стойки или шкафы контролируемых пунктов могут иметь различные модификации. Как правило, в их состав входит микропроцессорный контроллер (один или несколько), блок питания, узел связи (модем), устройство для декодирования сигналов управления, устройство для первичного преобразования дискретных сигналов (телесигнализации), клеммы для подключения цепей телеуправления и телесигнализации, дополнительные адаптеры для подключения устройств телеизмерения. Для передачи команд в оперативные цепи применяются специальные малогабаритные промежуточные реле, устанавливаемые в модуле стойки контролируемого пункта. Количество объектов телеуправления и телеконтроля может варьироваться в зависимости от типа контролируемого пункта. Если на контролируемом пункте предусмотрено постоянное дежурство, то кроме стойки КП на нем устанавливается промышленный компьютер для дистанционного управления объектами. Организация сохранения и предоставления информации в таком компьютере аналогична оборудованию диспетчерского пункта.

С 1976 года началось широкое внедрение системы телемеханики «Лисна». В настоящее время телемеханизация электрифицированных железных дорог России на базе системы «Лисна» составляет около 60% от всей протяженности телемеханизированных линий. Эта система за четверть века эксплуатации хорошо зарекомендовала себя: она устойчиво работает в сложных климатических условиях, при высоком уровне электромагнитных помех, значительных колебаниях напряжения. За весь период работы этой системы на железнодорожном и городском транспорте, а также на ряде метрополитенов России не зафиксировано ни одной ложной команды.

### **Порядок выполнения**

1. Определить назначение оборудования стойки и шкафа КП подсистемы «Лисна - Ч» и «Лисна - В».
2. Рисунок стойки контролируемого пункта или приемной стойки телеуправления. Определить назначение отдельных модулей (блоков) стойки.
3. Представить краткие технические данные системы «Лисна» и характеристику подсистем.
4. Вывод.

### **Ход работы**

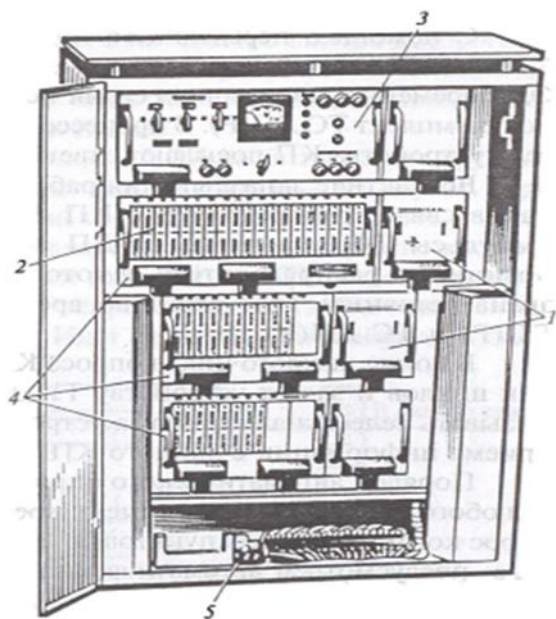


Рис.1. Шкаф КП подсистемы «Лисна -В»,

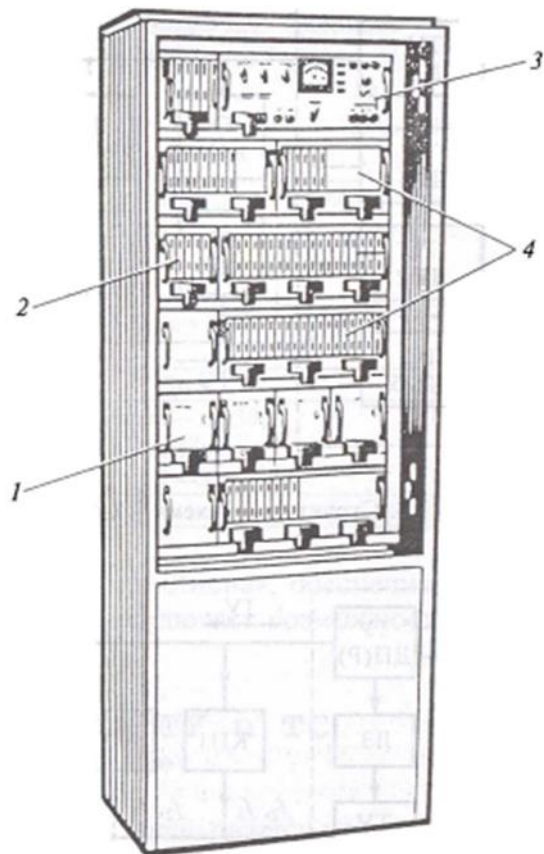


Рис.2. Стойка КП подсистемы «Лисна -Ч»

**Краткие технические данные системы**

Подсистема	Число КП на один ДП	Число объектов на один КП		Число датчиков ТИ на один КП	Продолжительность передачи, с		Число частотных каналов	
		ТУ	ТС		команды ТУ	серии ТС	ТС	ТУ
Лисна-Ч	15	80	122	4	4—5	До 5	15	1
Лисна-В	10	16	22	2	До 5	Цикл — до 30; по вызову — 2—3	2	1
	20	8	11	1	До 5	То же	2	1

### Практическое занятие № 17

**Тема:** Построение схемы сбора и передачи информации на контролируемом пункте.

**Цель:** закрепить знания об устройствах телемеханики путем изучения схемы сбора и передачи информации на контролируемом пункте.

#### Оборудование и приборы:

- схема сбора и передачи информации на контролируемом пункте;
- технические характеристики аппаратуры телемеханики, системы АСТМУ.

#### Краткие теоретические сведения.

Телемеханика – отрасль науки и техники, охватывающая теорию и технические средства контроля и управления объектами на расстоянии с применением специальных преобразователей сигналов для эффективного использования каналов связи. При передаче информации в системе телемеханики производится ее преобразование в различных устройствах. В телемеханике передача информации осуществляется без непосредственного участия человека, человек-оператор находится в пункте управления, где принимает информацию о состоянии контролируемых объектов, а также может вырабатывать команды управления.

При передаче телемеханической информации можно выделить следующие проблемы:

- 1) достоверности, т.е. передачи информации с малыми искажениями, возникающими как в аппаратуре, так и при передаче по линии связи из-за помех;
- 2) эффективности, т.е. нахождения способов лучшего использования аппаратуры и линии связи при передаче большого количества информации;
- 3) экономичности, т.е. построения простых и дешевых устройств телемеханики, обеспечивающих наибольшее количество передаваемой информации при наименьшей затрате средств.

Исходя из определения телемеханики структурную схему системы телемеханики можно представить в виде, отображённом на рис. 2. Как видно из

рисунка, основными составляющими системы телемеханики (СТМ) являются устройство пункта управления, линии связи и устройство контролируемого пункта.



Рис.1. Шкаф контролируемого пункта КП.

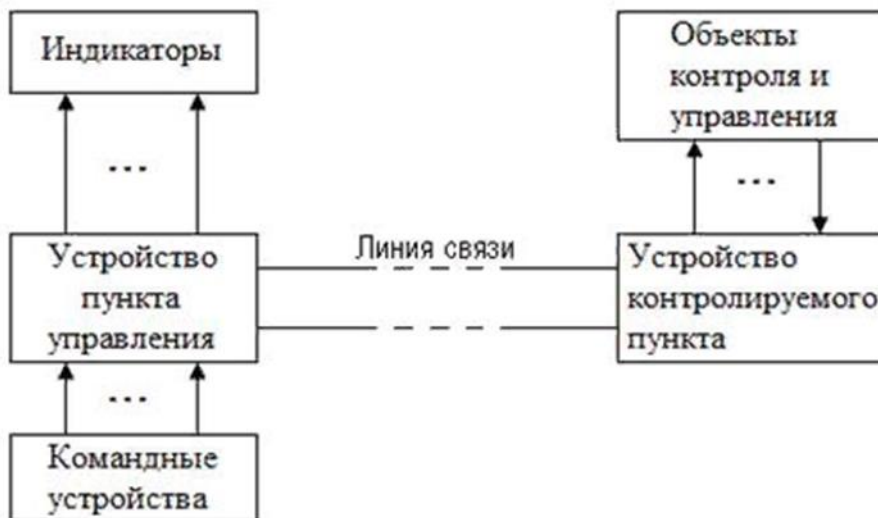


Рис. 2. Структурная схема системы телемеханики

Контролируемый телемеханический пункт (КП) – место размещения объектов, контролируемых или управляемых средствами телемеханики.

Телемеханический пункт управления (ПУ) – это место, с которого осуществляется управление или контроль состояния объектов, расположенных на контролируемом пункте.

Телемеханика как область науки и техники возникла на базе развития автоматики, радиотехники и связи.

Современные системы телемеханики создаются как многоуровневые автоматизированные системы управления технологическими объектами и про-

цессами, в которых на нижнем уровне в качестве управляющих устройств применяются программируемые логические контроллеры, а на верхнем – персональные ЭВМ.

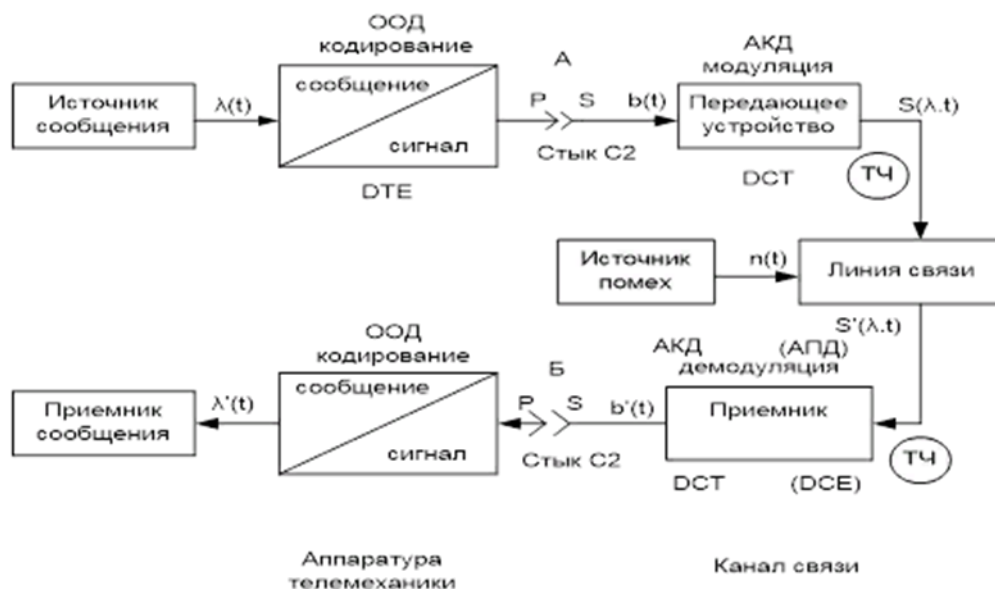
Эффективность применения устройств и систем телемеханики сводится к следующему. Телемеханика увеличивает оперативность управления, сокращает численность обслуживающего персонала и повышает производительность труда, что в итоге увеличивает количество выпускаемой продукции и снижает ее себестоимость. В некоторых производственных процессах телемеханика позволяет высвободить людей с работ, опасных для здоровья, а при управлении движущимися объектами без телемеханики обойтись вообще невозможно.

### Порядок выполнения

1. Структурная схема сбора и передачи информации (рис.1)
2. Структурная схема автоматизированная система телемеханического управления АСТМУ
3. Представить краткие технические характеристики системы автоматизированная система телемеханического управления АСТМУ
4. Вывод.

Ход работы.

Рис.1. Упрощенная схема передачи информации в системе телемеханики





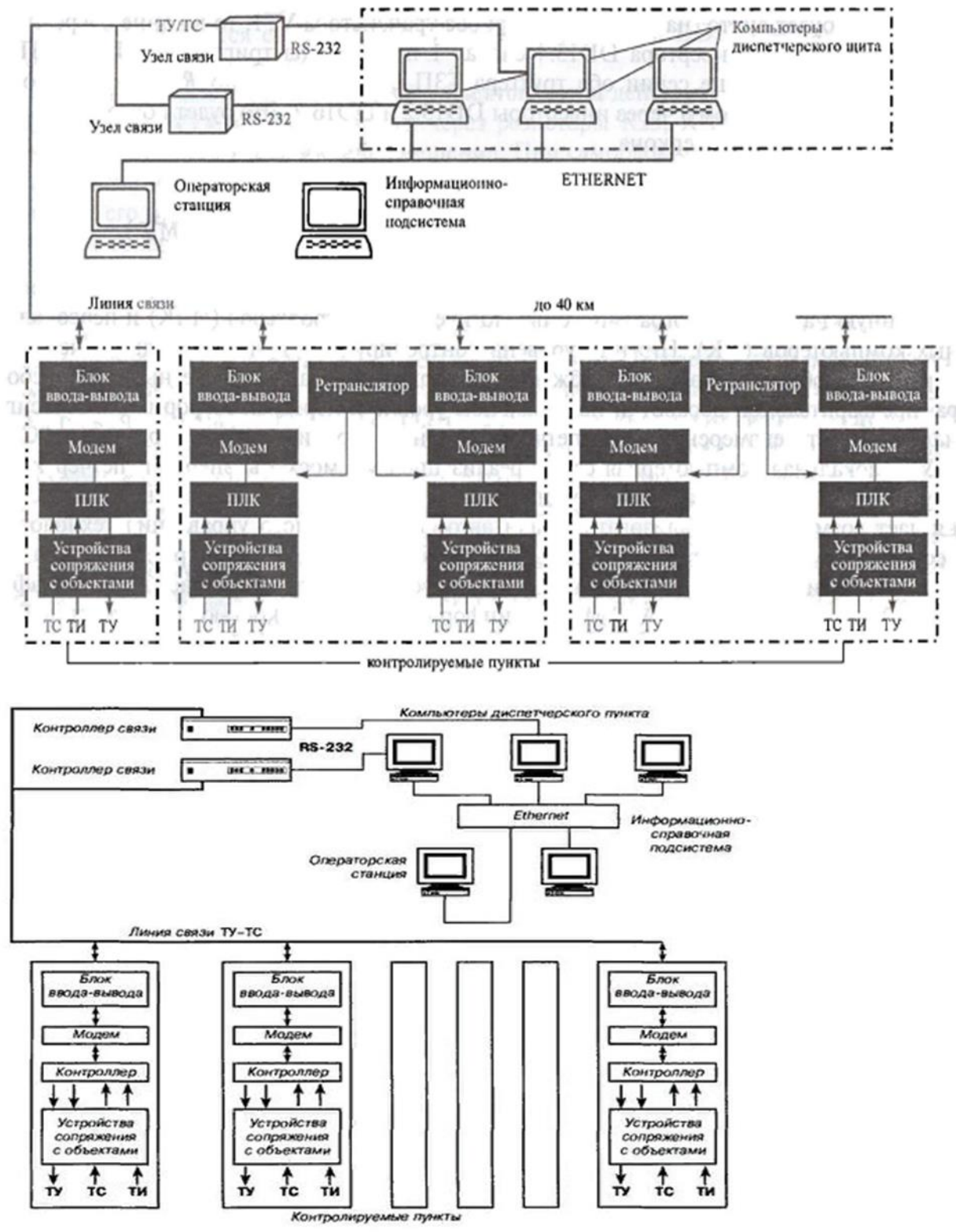
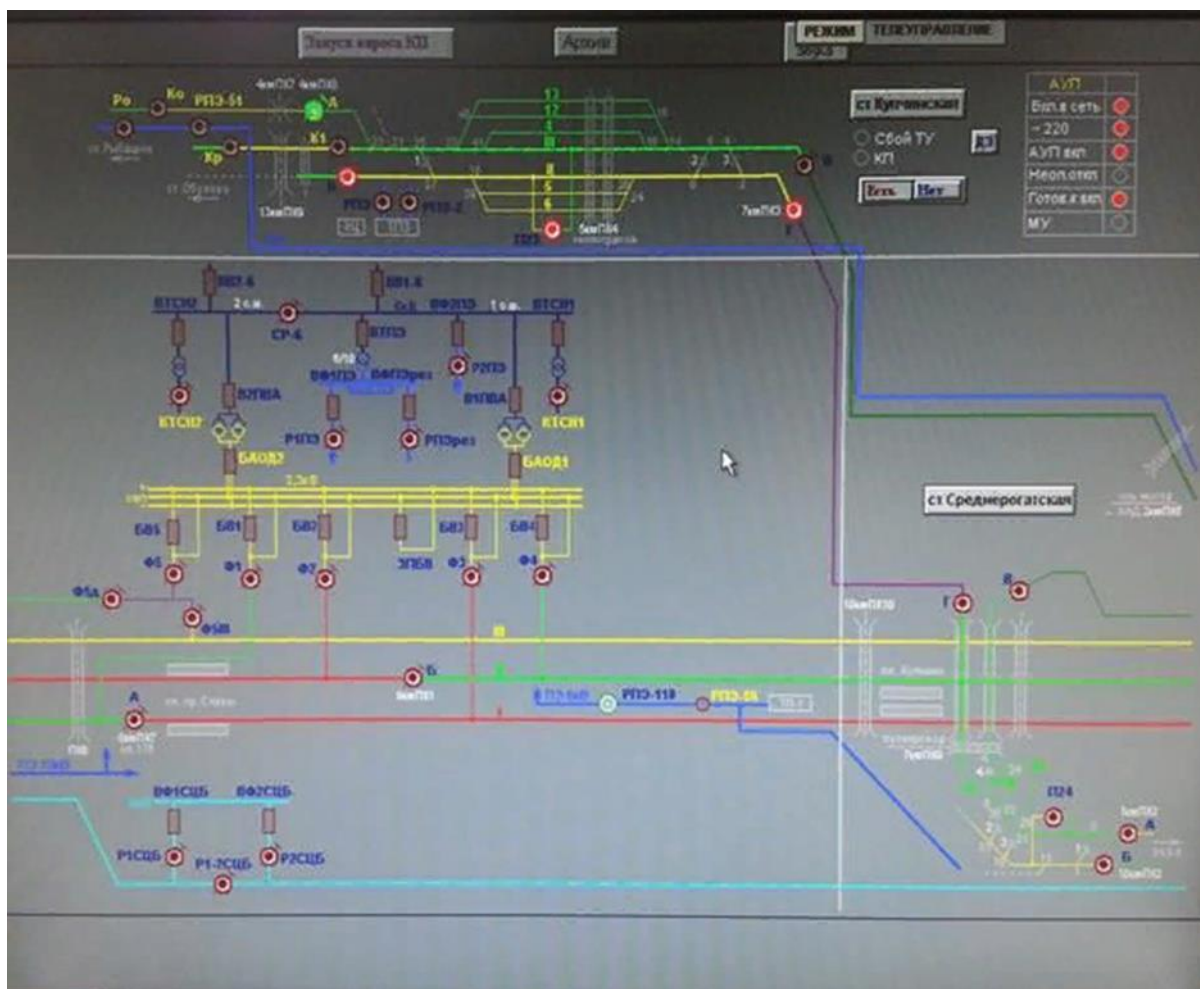


Рис. 8.40. Структурная схема системы АСТМУ



Рабочий стенд– КП-М2

## Практическое занятие № 18

**Тема:** Исследование взаимодействия шкафа управления подстанцией и рабочего места энергодиспетчера при передаче команд телеуправления и при приеме телесигнализации.

**Цель:** провести анализ работы рабочего места энергодиспетчера при передаче команд телеуправления и при приеме телесигнализации.

### Оборудование и приборы:

- структурная схема комплексной системы телемеханики; технические характеристики аппаратуры телемеханики.

### Краткие теоретические сведения.

Сигнал, исходящий от передатчика диспетчера к органу управления на подстанции, считается командой, требующей обязательного исполнения.

Команда может передаваться только адресно:

- отдельному объекту на подстанции (выключателю);

- группе устройств на разных подстанциях, например, телемеханическая команда опроса о предоставлении определенной информации.

К задачам, выполняемым диспетчером с пункта удаленной коммутации, накладываются требования обеспечения:

- повышения надежности электроснабжения потребителей за счет оперативного ускорения действий;
- сохранения критериев безопасности использования электроэнергии.

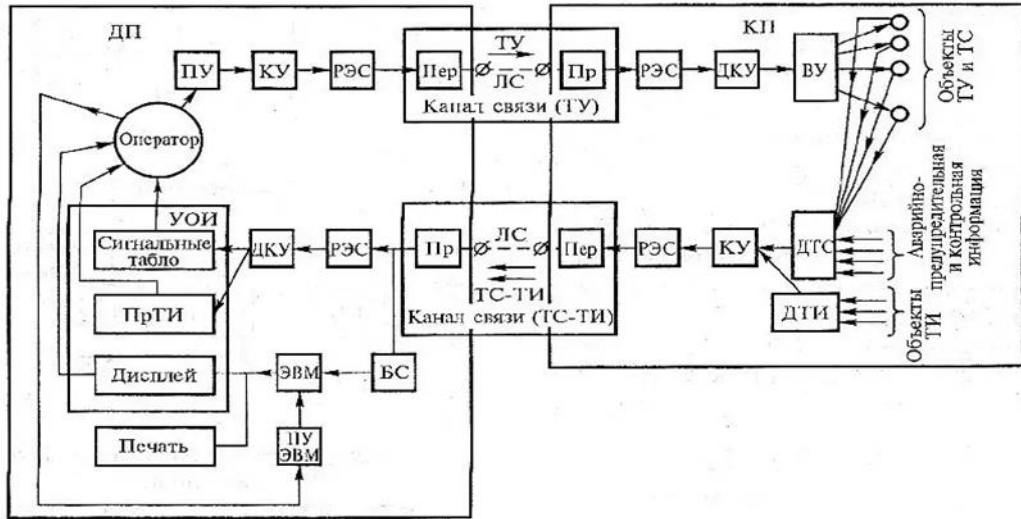
Передача команды по телеуправлению осуществляется диспетчером в два этапа: подготовительного и исполнительного. Этим исключаются ошибки, которые могут возникнуть при наборе адреса и действия. До окончательной отправки команды запуском передатчика у оператора появляется возможность проверки введенных им данных. Сообщение, передаваемое по ТС от передатчика, должно быть принято без искажений. Помехи, возникающие в канале связи, не должны снижать достоверность информации.

Все передаваемые сообщения от телесигнализации до момента подтверждения их о приеме на пункте управления хранятся в памяти аппаратуры. Если канал связи нарушен, то они будут автоматически передаваться после его восстановления.

### **Порядок выполнения:**

1. Структурная схема комплексной системы телемеханики.
2. Рабочее место энергодиспетчера.
3. Описание передачи команд телеуправления и прием телесигнализации.
4. Вывод.

### **Ход работы.**



Структурная схема телемеханической системы



## Практическое занятие № 19

**Тема:** Проверка работы аппаратуры энергодиспетчерского пункта.

**Цель работы:** исследовать работу оборудования энергодиспетчерского пункта в различных режимах.

### Оборудование и приборы:

- Рабочее место энергодиспетчера (пульт управления и передающий полупакет телеуправления или персональный компьютер, оснащенный программой рабочего места энергодиспетчера);
- Испытательный стенд для проверки телеуправления и телесигнализации.

### Краткие теоретические сведения

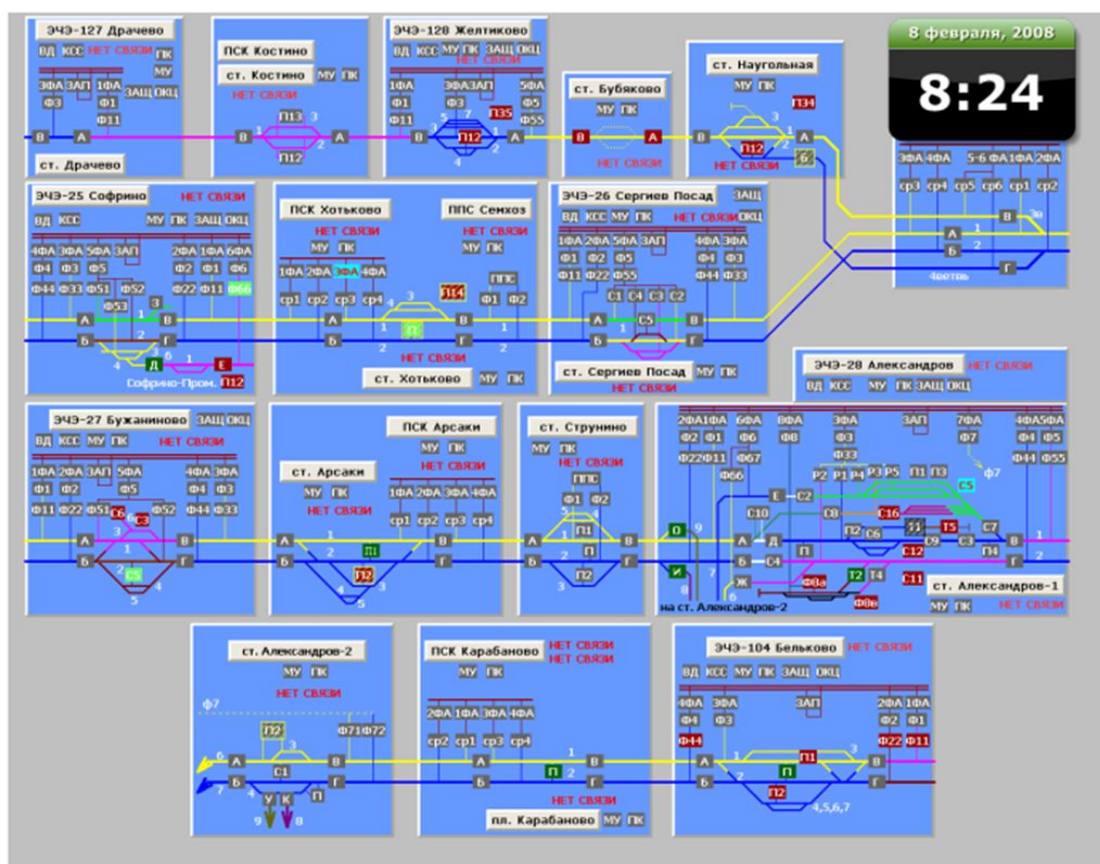
Общие сведения о принципе работы аппаратуры энергодиспетчерского пункта в режимах передачи команд телеуправления и приема телесигнализации. В настоящее время в дистанциях электроснабжения применяются системы телемеханики различных поколений. В старых системах телемеханики алгоритм работы реализован в схемах, то есть, выполнен с помощью жесткой (монтажной) логики. Такие системы были выполнены на основе электронной и микроэлектронной элементной базы, имеют ограниченные возможности по объему передаваемой информации. Для передачи команд управления в таких системах, как правило, применяется пульт управления, передающий полупакет телеуправления (стойка диспетчерского пункта) и частотный передатчик. Новые системы телемеханики выполняются на основе микропроцессорных устройств, и алгоритм работы реализуется в них программно. В этом случае на энергодиспетчерском пункте устанавливаются несколько персональных компьютеров, соединенных в локальную сеть. С помощью управляющего компьютера энергодиспетчер осуществляет оперативные переключения. Щитовые компьютеры управляют мониторами, на которых в реальном масштабе времени отображается состояние объектов управления на тяговых подстанциях, разъединителей контактной сети, выключателей и разъединителей автоблокировки, и т.д. В архивном компьютере содержится вся информация по телеуправлению, телесигнализации и требуемые данные по телеизмерениям и диагностике. На управляющем компьютере может быть установлена программа автоматизированного рабочего места энергодиспетчера, позволяющая оформлять приказы, заявки и распоряжения в автоматизированном режиме. Проверка работы телеуправления с диспетчерского пункта осуществляется посылкой двух или трех подтверждающих команд на все кон-

тролируемые пункты. Проверка работы телесигнализации заключается в квити-ровании двух или трех ключей телесигнализации.

### Порядок выполнения

- 1.Общее описание.
- 2.Режимы работы АРМ.
3. Режимы работы с объектами.
- 4.Режим получения информации по объекту.
5. Режим управления объектами.
6. Вывод.

### Ход работы.



### Практическое занятие № 20

**Тема:**Проверка работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме приема команды управления.

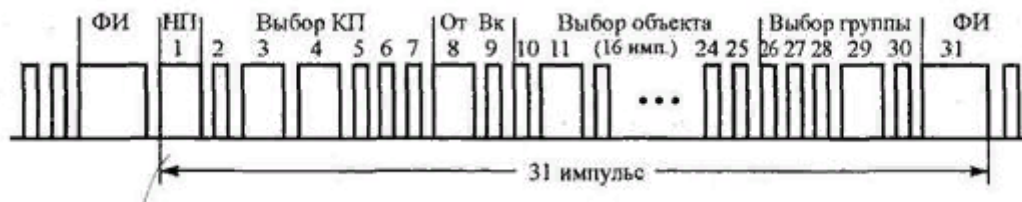
**Цель:** анализ работы приемного устройства ТУ – КП.

#### Оборудование и приборы:

Структурная схема приемного устройства ТУ; техническая документация.

## Краткие теоретические сведения.

Приемное устройство телеуправления осуществляет на контролируемом пункте КП прием информации ТУ из линии связи и передачу команд на выходные реле ВР блока выходных реле БВР. Выходные реле после получения команды осуществляют переключение соответствующих объектов ТУ. Тактовая кодовая серия телеуправления состоит из 31 импульса и содержит элементы выбора КП, операции, объекта, группы, а также фазирующий импульс. Выбор КП осуществляется кодом на одно сочетание с\ (два длинных импульса из шести). Выбор операции производится одним длинным импульсом из двух, объекта — одним длинным импульсом из шестнадцати и группы — одним длинным импульсом из пяти. Первый импульс в командной серии выполняет служебные функции: его удлинение соответствует началу передачи команды (обозначен НП). Принятая структура кодовых комбинаций обеспечивает высокую помехозащищенность и практически полностью исключает возможность передачи ложных команд. Блок контроля и защиты БКЗ осуществляет контроль правильности приема серии и предотвращает воспроизведение ложных команд в случае неправильности выбора КП (появление лишнего или исчезновение одного из избирающих импульсов), выбора двух и более объектов и групп, появление сверхдлинного импульса в середине серии, а также при несовпадении двух командных кодовых комбинаций одного приказа.



Кодовая серия телеуправления

### Порядок выполнения:

1. Структурная схема приемного устройства ТУ.
2. Описать блоки приемного устройства ТУ.
3. Описать работу приемного устройства ТУ – КП.
4. Вывод.

### Ход работы.

- 1.

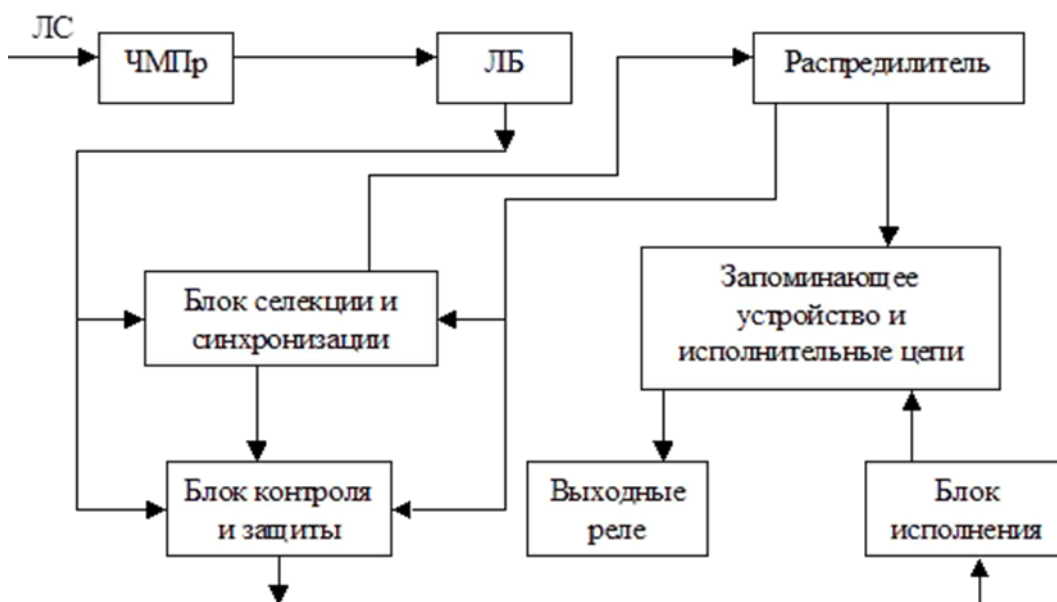


Рис. 1. Структурная схема ТУ КП.

## Практическое занятие № 21

**Тема:** Проверка работы аппаратуры контролируемого пункта в режиме теле-сигнализации

**Цель:** проанализировать работу передающего устройства ТС контролируемого пункта.

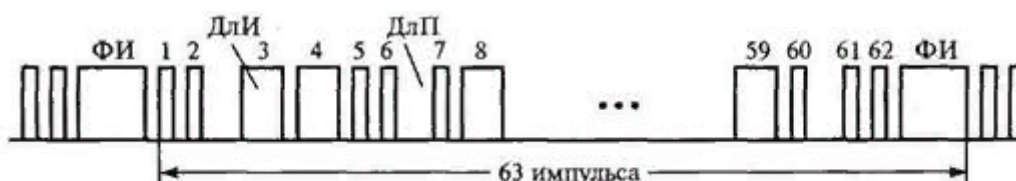
### Оборудование и приборы:

Структурная схема передающего устройства ТС; техническая документация.

### Краткие теоретические сведения.

Передающее устройство телесигнализации на каждом КП связано со своим приемным устройством на ДП отдельным каналом связи. Тактовая кодовая серия, состоящая из 63 импульсов и пауз различной длительности. При передаче ТС длинные импульсы (паузы) соответствуют одному из состояний объекта (например, включенному), а короткие – другому. Последний импульс – фазирующий. Он завершает кодовую комбинацию.

После его окончания начинается очередная кодовая серия.



Кодовая серия телеуправления

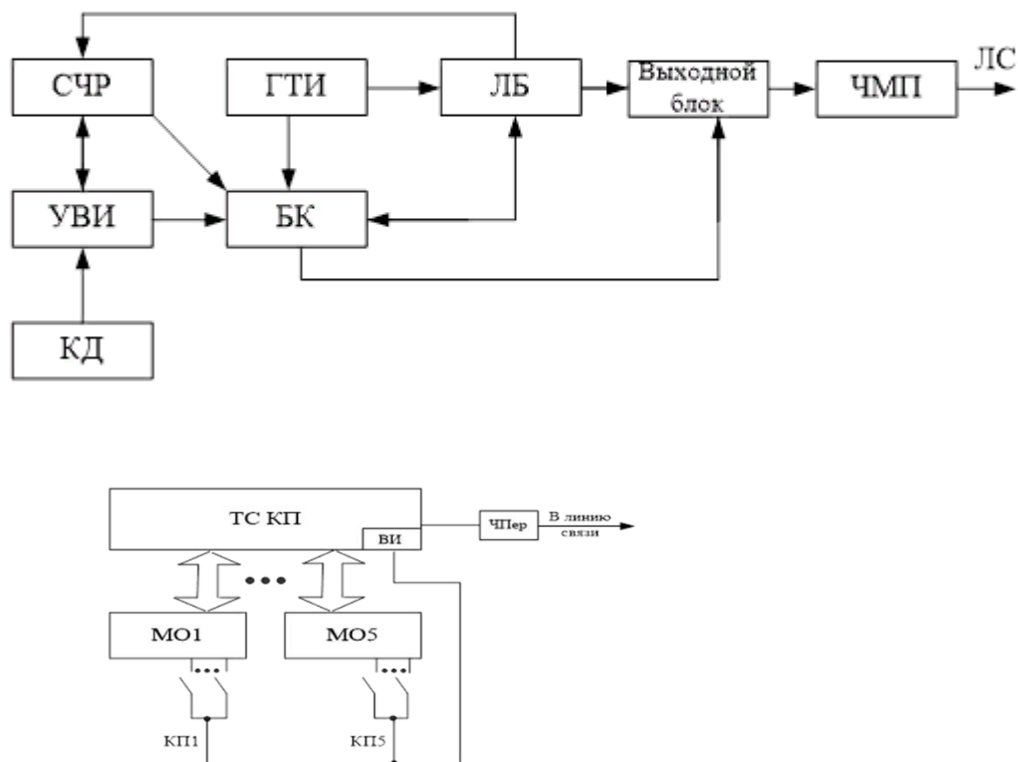
### Порядок выполнения:



1. Структурная схема передающего устройства ТС.
2. Описать блоки передающего устройства ТС.
3. Описать работу передающего устройства ТС – КП.
4. Вывод.

### Ход работы.

#### 1.Рисунок 1 - Структурная схема передающего полукомплекта телесигнализации



#### Рисунок 2 - Структурная схема передающего устройства ТС-КП

### Практическое занятие № 22

**Тема:** Исследование работы аппаратуры каналов связи в режиме телеуправления

**Цель:** проанализировать работу структурной схемы передатчика ЧМ – сигналов.

### Оборудование и приборы:

Структурная схема передатчика ЧМ - сигналов; техническая документация.

### Краткие теоретические сведения.

В качестве аппаратуры каналов связи в современных системах телемеханики применяются устройства различных поколений — от частотных приемников и передатчиков на электронной элементной базе до модемов на основе микропроцессорных устройств, аппаратуры сопряжения с сетями передачи

данных, оптическими приемниками и передатчиками, и т.д. При проверке аппаратуры каналов связи, выполненной на электронной элементной базе, контролируют величину и форму сигнала в контрольных точках с помощью осциллографа, снимают характеристику затухания фильтра и настраивают его, регулируют мощность усилительных элементов, измеряют сопротивление изоляции цепей устройства. Применяемые в качестве аппаратуры каналов связи модемы имеют в своем составе программно управляемые микропроцессорные контроллеры, которые регулируют режим работы устройства (прием сигналов из линии связи или передачу). Они управляют модуляцией вырабатываемого сигнала, а также производят самодиагностику и тестирование. Поэтому проверка такой аппаратуры в течение ее эксплуатации сводится к контролю уровня и качества напряжения источника питания, проверке уровней сигнала в каналах связи и визуальному контролю по светодиодной индикации.

### Порядок выполнения:

1. Структурная схема передатчика ЧМ - сигналов.
2. Описание блоков структурной схемы ЧМ – сигналов.
3. Описать работу передатчика ЧМ - сигналов.
4. Описать работу передающего устройства ТУ.
5. Вывод.

### Ход работы.

1. Рис.1. Структурная схема передатчика ЧМ – сигналов

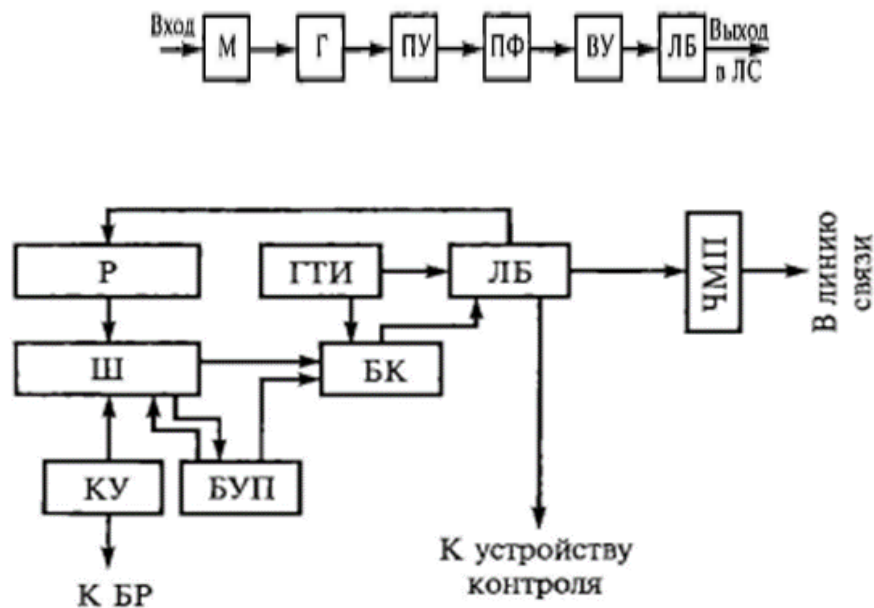


Рис.2. Структурная схема передающего устройства ТУ

## Практическое занятие № 23

**Тема:** Исследование работы аппаратуры каналов связи в режиме телесигнализации

**Цель:** проанализировать работу структурной схемы приемника ЧМ - сигналов.

### Оборудование и приборы:

Структурная схема приемника ЧМ - сигналов; техническая документация.

### Краткие теоретические сведения.

В качестве аппаратуры каналов связи в современных системах телемеханики применяются устройства различных поколений — от частотных приемников и передатчиков на электронной элементной базе до модемов на основе микропроцессорных устройств, аппаратуры сопряжения с сетями передачи данных, оптическими приемниками и передатчиками, и т.д. При проверке аппаратуры каналов связи, выполненной на электронной элементной базе, контролируют величину и форму сигнала в контрольных точках с помощью осциллографа, снимают характеристику затухания фильтра и настраивают его, регулируют мощность усилительных элементов, измеряют сопротивление изоляции цепей устройства. Применяемые в качестве аппаратуры каналов связи модемы имеют в своем составе программно управляемые микропроцессорные контроллеры, которые регулируют режим работы устройства (прием сигналов из линии связи или передачу). Они управляют модуляцией вырабатываемого сигнала,

а также производят самодиагностику и тестирование. Поэтому проверка такой аппаратуры в течение ее эксплуатации сводится к контролю уровня и качества напряжения источника питания, проверке уровней сигнала в каналах связи и визуальному контролю по светодиодной индикации. В связи с тем, что в микропроцессорных системах телемеханики применяется система иерархического управления, то есть посыл телесигнализации с контролируемого пункта возможен только по вызову с энергодиспетчерской, в режиме телесигнализации проверяется работа узла связи в обоих направлениях.

### Порядок выполнения:

1. Структурная схема приемника ЧМ - сигналов.
2. Описание блоков и работу структурной схемы приемника ЧМ – сигналов.
3. Описать работу приемного устройства ТС.
4. Вывод.

### Ход работы.

1.



Рис.1. Структурная схема приемника ЧМ-сигналов.

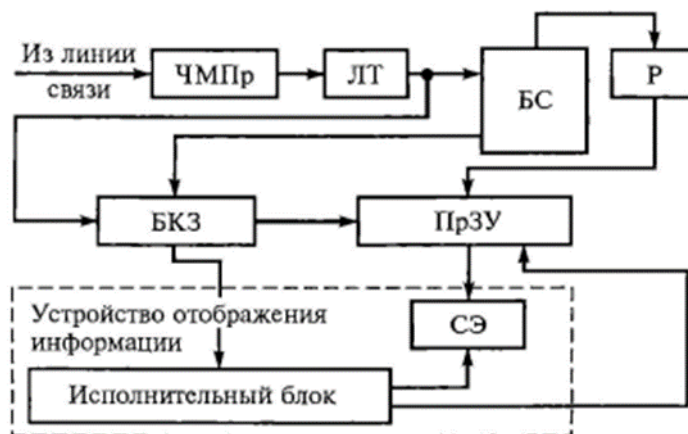


Рис. 2. Структурная схема приемного устройства ТС

### 3. Примерные задания

Для расчета МТЗ:

Вариант	$I_{н.макс}, А$	$k_{сх}$	$I_{1н}, А$	$I_{к.мин}, А$	$U_{н}, кВ$	$U_{1н}, В$
1	1500	1	60	2000	10	500
2	2000	$\sqrt{3}$	95	2500	35	400
3	1000	1	30	1900	27,5	300
4	900	$\sqrt{3}$	25	1400	10	800
5	2500	1	100	3000	35	650
6	3000	$\sqrt{3}$	120	3800	27,5	1000
7	1700	1	75	2000	10	350
8	500	$\sqrt{3}$	20	1100	35	240
9	800	1	25	1200	27,5	180
10	300	$\sqrt{3}$	15	700	10	150

Для расчета ТО:

Вариант	$I_{к.макс}, А$	$k_{сх}$	$I_{1н}, А$	$I_{к.мин}, А$
1	2500	1	60	2000
2	1750	$\sqrt{3}$	95	2500
3	950	1	30	1900
4	1300	$\sqrt{3}$	25	1400

5	1890	1	100	3000
6	2350	$\sqrt{3}$	120	3800
7	450	1	75	2000
8	890	$\sqrt{3}$	20	1100
9	1540	1	25	1200
10	1900	$\sqrt{3}$	15	700

### 3. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 3.1 ФОРМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Предметом оценки являются сформированные практический опыт, умения и знания, а также динамика освоения общих и профессиональных компетенций. Оценка освоения профессионального модуля предусматривает следующие формы промежуточной аттестации:

Элементы ПМ	Формы промежуточной аттестации по семестрам							
	1	2	3	4	5	6	7	8
МДК 02.01				Экзамен	Дифференцированный зачет	Экзамен	Экзамен	Дифференцированный зачет
МДК 02.02					Дифференцированный зачет	Экзамен	Экзамен	Дифференцированный зачет
МДК 02.03							Экзамен	Дифференцированный зачет
Учебная практика				Дифференцированный зачет				
Производственная практика							Дифференцированный зачет	
Профессиональный модуль					Экзамен	квалификационный		

#### 3.2 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ МДК 02.01 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

Предметом оценки являются сформированные практический опыт, умения и знания, а также динамика освоения общих и профессиональных компетенций. Оценка освоения междисциплинарного курса предусматривает следующие формы промежуточной аттестации:

##### ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ЗАЧЕТ (ЗАЧЕТ)

**1. Условия аттестации:** аттестация проводится в форме дифференцированного зачета (зачета) по завершению освоения учебного материала.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 2 академических часа.

**3. План варианта** (соотношение контрольных задач/вопросов с содержанием учебного материала в контексте характера действий аттестуемых).

**4. Общие условия оценивания**

Оценка по промежуточной аттестации может носить комплексный характер и включать в себя:

- результаты выполнения аттестационных заданий;
- оценку портфолио;
- прочие достижения обучающегося.

**5. Критерии оценки.**

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

**6. Перечень вопросов для проведения дифференцированного зачета**

*Вопрос 1.* Общие положения по обеспечению безопасности работ в электроустановках ОАО РЖД.

*Вопрос 2.* Оперативное обслуживание и производство работ в электроустановках.

*Вопрос 3.* Организационные мероприятия по обеспечению безопасности работ.

*Вопрос 4.* Технические мероприятия по обеспечению работ.

*Вопрос 5.* Выполнение работ по распоряжению.

*Вопрос 6.* Выполнение работ в порядке текущей эксплуатации.

*Вопрос 7.* Правила пользования средствами защиты.

*Вопрос 8.* Учет и хранение защитных средств.

*Вопрос 9.* Работы на сглаживающем устройстве и реакторе.

- Вопрос 10.* Работы на ПС, ППС, автотрансформаторных пунктах, пунктах подготовки к рейсу пассажирских вагонов.
- Вопрос 11.* Работы на коммутационных аппаратах.
- Вопрос 12.* Работы на комплектных распределительных устройствах.
- Вопрос 13.* Проведение испытания оборудования и измерений.
- Вопрос 14.* Испытания с подачей повышенного напряжения от постороннего источника тока.
- Вопрос 15.* Обслуживание аккумуляторных батарей.
- Вопрос 16.* Обслуживание щитов и сборок до 1000В.
- Вопрос 17.* Работа с мегомметром.
- Вопрос 18.* Работа с электроизмерительными штангами и клещами.
- Вопрос 19.* Работы в ОРУ тяговых подстанций грузоподъемными машинами и вышками.
- Вопрос 20.* Основные повреждения силовых трансформаторов.
- Вопрос 21.* Осмотр силовых трансформаторов.
- Вопрос 22.* Текущий ремонт силовых трансформаторов.
- Вопрос 23.* Профилактические испытания силовых трансформаторов.
- Вопрос 24.* Послеремонтные испытания силовых трансформаторов.
- Вопрос 25.* Средний и капитальный ремонт силовых трансформаторов.
- Вопрос 26.* Методы анализа, регенерации и очистки трансформаторного масла.
- Вопрос 27.* Требования ПЭЭП к эксплуатации силовых трансформаторов.
- Вопрос 28.* Осмотр высоковольтных выключателей переменного тока.
- Вопрос 29.* Текущий ремонт высоковольтных выключателей переменного тока.
- Вопрос 30.* Испытания высоковольтных выключателей переменного тока.
- Вопрос 31.* Осмотр и текущий ремонт быстродействующих выключателей постоянного тока.
- Вопрос 32.* Испытания и настройка БВ постоянного тока.
- Вопрос 33.* Осмотр, ремонт и испытания преобразователей.
- Вопрос 34.* Осмотр, ремонт и испытания сглаживающих устройств.
- Вопрос 35.* Обслуживание, ремонт и испытание измерительных трансформаторов.
- Вопрос 36.* Текущий ремонт аккумуляторных батарей.

## **7. Варианты заданий для проведения дифференцированного зачета**

### **Вариант – 1**

1. Общие положения по обеспечению безопасности работ в электроустановках ОАО РЖД.
2. Работы в ОРУ тяговых подстанций грузоподъемными машинами и вышками.

### **Вариант – 2**

1. Оперативное обслуживание и производство работ в электроустановках.
2. Основные повреждения силовых трансформаторов.

### **Вариант – 3**

1. Организационные мероприятия по обеспечению безопасности работ.
2. Осмотр силовых трансформаторов.

#### **Вариант – 4**

1. Технические мероприятия по обеспечению работ.
2. Текущий ремонт силовых трансформаторов.

#### **Вариант – 5**

1. Выполнение работ по распоряжению.
2. Профилактические испытания силовых трансформаторов.

#### **Вариант – 6**

1. Выполнение работ в порядке текущей эксплуатации.
2. Послеремонтные испытания силовых трансформаторов.

#### **Вариант – 7**

1. Правила пользования средствами защиты.
2. Средний и капитальный ремонт силовых трансформаторов

#### **Вариант – 8**

1. Учет и хранение защитных средств.
2. Методы анализа, регенерации и очистки трансформаторного масла.

#### **Вариант – 9**

1. Работы на сглаживающем устройстве и реакторе.
2. Требования ПЭЭП к эксплуатации силовых трансформаторов.

#### **Вариант – 10**

1. Работы на ПС, ППС, автотрансформаторных пунктах, пунктах подготовки к рейсу пассажирских вагонов.
2. Осмотр высоковольтных выключателей переменного тока.

#### **Вариант – 11**

1. Работы на коммутационных аппаратах.
2. Текущий ремонт высоковольтных выключателей переменного тока.

#### **Вариант – 12**

1. Работы на комплектных распределительных устройствах.
2. Испытания высоковольтных выключателей переменного тока.

#### **Вариант – 13**

1. Проведение испытания оборудования и измерений.
2. Осмотр и текущий ремонт быстродействующих выключателей постоянного тока.

#### **Вариант – 14**

1. Испытания с подачей повышенного напряжения от постороннего источника тока.
2. Испытания и настройка БВ постоянного тока.

#### **Вариант – 15**

1. Обслуживание аккумуляторных батарей.
2. Осмотр, ремонт и испытания преобразователей.

#### **Вариант – 16**

1. Обслуживание щитов и сборок до 1000В.
2. Осмотр, ремонт и испытания сглаживающих устройств.



**Вариант – 17**

1. Работа с мегомметром.
2. Обслуживание, ремонт и испытание измерительных трансформаторов.

**Вариант – 18**

1. Работа с электроизмерительными штангами и клещами.
2. Текущий ремонт аккумуляторных батарей.

**Вариант – 19**

3. Проведение испытания оборудования и измерений.
4. Осмотр и текущий ремонт быстродействующих выключателей постоянного тока.

**Вариант – 20**

3. Испытания с подачей повышенного напряжения от постороннего источника тока.
4. Испытания и настройка БВ постоянного тока.

**Вариант – 21**

3. Обслуживание аккумуляторных батарей.
4. Осмотр, ремонт и испытания преобразователей.

**Вариант – 22**

3. Обслуживание щитов и сборок до 1000В.
4. Осмотр, ремонт и испытания сглаживающих устройств.

**Вариант – 23**

3. Работа с мегомметром.
4. Обслуживание, ремонт и испытание измерительных трансформаторов.

**Вариант – 24**

3. Работа с электроизмерительными штангами и клещами.
4. Текущий ремонт аккумуляторных батарей.

**8. Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовки обучающихся к дифференцированному зачету**

Основная учебная литература:

1. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов [Текст]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с. (аналогичные издания)
2. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л.Д. Карнеева, Т.В. Чиркова. – 10-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2013. – 448 с. (аналогичные издания)
3. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн.2: Учебник для учреждений нач. проф. образования / Ю.Д. Сибикин. – 8-е изд; исп. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с. (аналогичные издания)

Дополнительная учебная литература:

1. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справ.: Учебное пособие. – М.: Форум: Инфра-М, 2008. – 480 с.
2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2009 г. – М.: КНОРУС, 2013. – 488 с.
3. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003.

## ЭКЗАМЕН

**1. Условия аттестации:** аттестация проводится в форме экзамена по частичному освоению учебного материала междисциплинарного курса.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 6 астрономических часов, на подготовку – 30 минут (0,5 акад. час).

**3. План варианта** (соотношение практических задач/вопросов с содержанием учебного материала в контексте характера действий аттестуемых 1:2).

### 4. Общие условия оценивания

Оценка по промежуточной аттестации носит *комплексный характер и может включать в себя:*

- результаты выполнения аттестационных заданий;
- оценку портфолио;
- оценку прочих достижений обучающегося.

### 5. Критерии оценки.

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

#### **6. Перечень вопросов и заданий для проведения экзамена**

1. Общие понятия об электроустановках.
2. Классификация электрических станций.
3. Тепловые электрические станции.
4. Атомные электростанции.
5. Гидравлические электростанции.
6. Энергетические и электроэнергетические системы.
7. Системы тока и номинальные параметры электроустановок.
8. Виды замыканий в электрических сетях и их причины.
9. Однофазные замыкания в системе с заземленной нейтралью.
10. Однофазные замыкания в системе с изолированной нейтралью.
11. Переходные процессы при коротких замыканиях.
12. Расчет сопротивлений элементов цепи короткого замыкания методом относительных единиц.
13. Расчет токов и мощности КЗ методом относительных единиц.
14. Расчет токов КЗ методом именованных единиц.
15. Электродинамическое действие токов КЗ.
16. Термическое действие токов КЗ.
17. Проверка на термическую стойкость шин РУ с использованием кривых диаграмм для определения температуры нагрева проводников.
18. Проверка на термическую стойкость шин РУ по минимальному сечению.
19. Разложение несимметричных систем на симметричные составляющие.
20. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей.
21. Методы ограничения токов КЗ.
22. Силовые трансформаторы.
23. Назначение, устройство, типы и условные обозначения трансформаторов напряжения.
24. Выбор трансформаторов напряжения.
25. Назначение, устройство, типы и условные обозначения трансформаторов тока.
26. Выбор трансформаторов тока.
27. Проверка трансформаторов тока по классу точности.
28. Проверка трансформаторов тока на 10% погрешность.
29. Изоляторы распределительных устройств.
30. Выбор изоляторов распределительных устройств.
31. Шины и провода распределительных устройств.
32. Выбор шин и проводов распределительных устройств.
33. Кабели.
34. Электрические контакты.
35. Образование электрической дуги.

36. Гашение электрической дуги.
37. Гашение электрической дуги постоянного тока.
38. Гашение электрической дуги переменного тока.
39. Магнитные пускатели и контакторы.
40. Автоматические выключатели.
41. Рубильники, переключатели, пакетные выключатели.
42. Предохранители.
43. Общие сведения о высоковольтных выключателях переменного тока.
44. Многообъемный выключатель МКП-35.
45. Малообъемный выключатель ВМП-10.
46. Малообъемный выключатель ВМТ-10.
47. Электромагнитные выключатели.
48. Вакуумные выключатели.
49. Воздушные и элегазовые выключатели.
50. Общие сведения о разъединителях. Разъединители внутренней установки.
51. Разъединители наружной установки.
52. Приводы разъединителей.
53. Приводы высоковольтных выключателей.
54. Выключатели нагрузки, отделители и короткозамыкатели.
55. Схема совместного действия короткозамыкателя и отделителя.
56. Схема управления высоковольтным выключателем.
57. Общие сведения о быстродействующих выключателях постоянного тока.
58. Быстродействующий выключатель ВАБ-28.
59. Быстродействующий выключатель ВАБ-43.
60. Быстродействующий выключатель ВАБ-49.
61. Вентильные разрядники постоянного тока.
62. Ограничители перенапряжений.
63. Выбор коммутационной аппаратуры.
64. Вентильные разрядники переменного тока.
65. Классификация электрических подстанций.
66. Главные схемы электрических соединений подстанции.
67. Классификация распределительных устройств и требования, предъявляемые к ним.
68. Конструкция закрытых РУ.
69. Конструкция открытых РУ.
70. Конструкция трансформаторных подстанций.
71. Графики нагрузок электроустановок.
72. Расчет мощности подстанции со вторичным напряжением до 1000 В.
73. Расчет мощности подстанции со вторичным напряжением выше 1000 В.
74. Расчет максимальных рабочих токов присоединений подстанции.
75. Назначение и классификация тяговых подстанций.
76. Системы питания тяговых подстанций.
77. Силовые полупроводниковые приборы.
78. Последовательное и параллельное соединение диодов.

79. Трехфазная мостовая схема выпрямления.
80. Шестифазная нулевая схема выпрямления.
81. Трехфазные двенадцати импульсные двухмостовые схемы выпрямления.
82. Преобразовательные трансформаторы тяговых подстанций постоянного тока.
83. Конструкция выпрямителей преобразовательных агрегатов.
84. Схема преобразовательного агрегата.
85. Сглаживающие устройства тяговых подстанций.
86. Схема РУ-3,3 кВ.
87. Выпрямительно-инверторные преобразователи.
88. Защита фидеров контактной сети и РУ-3,3 кВ.
89. Конструктивное выполнение тяговых подстанций постоянного тока.
90. Заземляющие устройства тяговых подстанций.

## **7. Варианты заданий для проведения экзамена**

### **Вариант – 1**

1. Общие понятия об электроустановках.
2. Выбор изоляторов распределительных устройств.
3. Быстродействующий выключатель ВАБ-43.

### **Вариант – 2**

1. Классификация электрических станций.
2. Шины и провода распределительных устройств.
3. Быстродействующий выключатель ВАБ-49.

### **Вариант – 3**

1. Тепловые электрические станции.
2. Выбор шин и проводов распределительных устройств.
3. Вентильные разрядники переменного тока.

### **Вариант – 4**

1. Атомные электростанции.
2. Кабели.
3. Вентильные разрядники постоянного тока.

### **Вариант – 5**

1. Гидравлические электростанции.
2. Электрические контакты.
3. Ограничители перенапряжений.

### **Вариант – 6**

1. Системы тока и номинальные параметры электроустановок.
2. Образование электрической дуги.
3. Выбор коммутационной аппаратуры.

### **Вариант – 7**

1. Энергетические и электроэнергетические системы.
2. Гашение электрической дуги.
3. Главные схемы электрических соединений подстанции.

### **Вариант – 8**

1. Классификация электрических подстанций.
2. Гашение электрической дуги постоянного тока.
3. Классификация распределительных устройств и требования, предъявляемые к ним.

#### **Вариант – 9**

1. Виды замыканий в электрических сетях и их причины.
2. Гашение электрической дуги переменного тока.
3. Конструкция закрытых РУ.

#### **Вариант – 10**

1. Однофазные замыкания в системе с заземленной нейтралью.
2. Магнитные пускатели и контакторы.
3. Конструкция открытых РУ.

#### **Вариант – 11**

1. Однофазные замыкания в системе с изолированной нейтралью.
2. Автоматические выключатели.
3. Конструкция трансформаторных подстанций.

#### **Вариант – 12**

1. Переходные процессы при коротких замыканиях.
2. Рубильники, переключатели, пакетные выключатели.
3. Графики нагрузок электроустановок.

#### **Вариант – 13**

1. Расчет сопротивлений элементов цепи короткого замыкания методом относительных единиц.
2. Предохранители.
3. Расчет мощности подстанции со вторичным напряжением до 1000 В.

#### **Вариант – 14**

1. Расчет токов и мощности КЗ методом относительных единиц.
2. Общие сведения о высоковольтных выключателях переменного тока.
3. Расчет мощности подстанции со вторичным напряжением выше 1000 В.

#### **Вариант – 15**

1. Расчет токов КЗ методом именованных единиц.
2. Многообъемный выключатель МКП-35.
3. Расчет максимальных рабочих токов присоединений подстанции.

#### **Вариант – 16**

1. Электродинамическое действие токов КЗ.
2. Малообъемный выключатель ВМП-10.
3. Назначение и классификация тяговых подстанций.

#### **Вариант – 17**

1. Термическое действие токов КЗ.
2. Малообъемный выключатель ВМТ-10.
3. Системы питания тяговых подстанций.

#### **Вариант – 18**

1. Проверка на термическую стойкость шин РУ с использованием кривых диаграмм для определения температуры нагрева проводников.

2. Электромагнитные выключатели.
3. Силовые полупроводниковые приборы.

#### **Вариант – 19**

1. Проверка на термическую стойкость шин РУ по минимальному сечению.
2. Вакуумные выключатели.
3. Последовательное и параллельное соединение диодов.

#### **Вариант – 20**

1. Разложение несимметричных систем на симметричные составляющие.
2. Воздушные и элегазовые выключатели.
3. Трехфазная мостовая схема выпрямления.

#### **Вариант – 21**

1. Сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей.
2. Общие сведения о разъединителях. Разъединители внутренней установки.
3. Шестифазная нулевая схема выпрямления.

#### **Вариант – 22**

1. Методы ограничения токов КЗ.
2. Разъединители наружной установки.
3. Трехфазные двенадцатипульсовые двухмостовые схемы выпрямления.

#### **Вариант – 23**

1. Силовые трансформаторы.
2. Приводы разъединителей.
3. Преобразовательные трансформаторы тяговых подстанций постоянного тока.

#### **Вариант – 24**

1. Назначение, устройство, типы и условные обозначения трансформаторов напряжения.
2. Приводы высоковольтных выключателей.
3. Конструкция выпрямителей преобразовательных агрегатов.

#### **Вариант – 25**

1. Выбор трансформаторов напряжения.
2. Выключатели нагрузки, отделители и короткозамыкатели.
3. Схема преобразовательного агрегата.

#### **Вариант – 26**

1. Назначение, устройство, типы и условные обозначения трансформаторов тока.
2. Схема совместного действия короткозамыкателя и отделителя.
3. Сглаживающие устройства тяговых подстанций.

#### **Вариант – 27**

1. Выбор трансформаторов тока.
2. Схема управления высоковольтным выключателем.
3. Схема РУ-3,3 кВ.

#### **Вариант – 28**

1. Проверка трансформаторов тока по классу точности.
2. Общие сведения о быстродействующих выключателях постоянного тока.

3. Выпрямительно- инверторные преобразователи.

**Вариант – 29**

1. Проверка трансформаторов тока на 10% погрешность.
2. Быстродействующий выключатель ВАБ-43.
3. Защита фидеров контактной сети и РУ-3,3 кВ.

**Вариант – 30**

1. Изоляторы распределительных устройств.
2. Быстродействующий выключатель ВАБ-28.
3. Конструктивное выполнение тяговых подстанций постоянного тока.

**8. Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовки обучающихся к экзамену:**

Основная учебная литература:

1. В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

Дополнительная учебная литература:

1. Почаевец В.С. Электрические подстанции: учебник. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 491 с.

**3.3 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУМДК 02.02 УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Предметом оценки являются сформированные практический опыт, умения и знания, а также динамика освоения общих и профессиональных компетенций. Оценка освоения междисциплинарного курса предусматривает следующие формы промежуточной аттестации:

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ЗАЧЕТ (ЗАЧЕТ)**

**1. Условия аттестации:** аттестация проводится в форме дифференцированного зачета (зачета) по завершению освоения учебного материала.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 2 академических часа.

**3. План варианта** (соотношение контрольных задач/вопросов с содержанием учебного материала в контексте характера действий аттестуемых).



#### **4. Общие условия оценивания**

Оценка по промежуточной аттестации может носить комплексный характер и включать в себя:

- результаты выполнения аттестационных заданий;
- оценку портфолио;
- прочие достижения обучающегося.

#### **5. Критерии оценки.**

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

#### **6. Перечень вопросов для проведения дифференцированного зачета**

*Вопрос 1* Общие сведения об электрических сетях и системах

*Вопрос 2* Структурная схема электроэнергетики

*Вопрос 3* Схемы внешнего электроснабжения подстанций

*Вопрос 4* Классификация электрических сетей

*Вопрос 5* Категории электроприёмников

*Вопрос 6* Параметры электрических сетей.

*Вопрос 7* Изоляция линий электропередачи

*Вопрос 8* Качество электроэнергии и способы его повышения

*Вопрос 9* Влияние электрических сетей на окружающую среду

*Вопрос 10* Воздушные линии электропередачи

*Вопрос 11* Кабельные линии

*Вопрос 12* Токопроводы напряжением 6-35 кВ

*Вопрос 13* Устройство и конструктивное исполнение сетей напряжением до 1000 В

*Вопрос 14* Виды схем и их назначение. Основные требования к схемам электрических сетей

*Вопрос 15* Схемы внешних и внутренних электрических сетей

*Вопрос 16* Схемное и конструктивное выполнение и секционирование линий

*Вопрос17* Системы электроснабжения не тяговых потребителей  
*Вопрос18* Основы линий электропередачи  
*Вопрос19* Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами  
*Вопрос20* Виды и технологии монтажа воздушных линий электропередач  
*Вопрос21* Осмотр воздушных линий  
*Вопрос22* Профилактические измерения и испытания на ВЛ  
*Вопрос23* Устранение неисправностей Вл  
*Вопрос24* Борьба с гололёдом  
*Вопрос25* Ремонт воздушных линий  
*Вопрос26* Проверка и ремонт поддерживающих устройств и опор  
*Вопрос27* Заземление воздушных линий  
*Вопрос28* Правила безопасности при монтаже, ремонте, обслуживании воздушных линий электропередач  
*Вопрос29* Основы кабельных линий  
*Вопрос30* Оптоволоконные кабели  
*Вопрос31* Осмотр кабельных линий  
*Вопрос32* Допустимые нагрузки при эксплуатации кабельных линий  
*Вопрос33* Современные кабели  
*Вопрос34* Виды монтажа кабелей  
*Вопрос35* Устройство и элементы конструкции силовых кабелей  
*Вопрос36* Испытания высоковольтного кабеля  
*Вопрос37* Определение места повреждения кабельной линии  
*Вопрос38* Испытания изоляторов воздушных линий  
*Вопрос39* Отбраковка соединений проводов ВЛ  
*Вопрос40* Способы крепления проводов ВЛ к изоляторам  
*Вопрос41* Монтаж силовых кабелей  
*Вопрос42* Правила технической эксплуатации электрических сетей  
*Вопрос43* Приемка в эксплуатацию оборудования и сооружений  
*Вопрос44* Персонал энергообъектов  
*Вопрос45* Контроль за эффективностью работы сетей  
*Вопрос46* Технический контроль  
*Вопрос47* Техническое обслуживание, ремонт и модернизация  
*Вопрос48* Техническая и оперативная документация

## **7. Варианты заданий для проведения дифференцированного зачета**

### **Вариант – 1**

1. Общие сведения об электрических сетях и системах
2. Ремонт воздушных линий

### **Вариант – 2**

3. Структурная схема электроэнергетики
4. Проверка и ремонт поддерживающих устройств и опор

### **Вариант – 3**

3. Схемы внешнего электроснабжения подстанций
4. Заземление воздушных линий

**Вариант – 4**

3. Классификация электрических сетей
4. Правила безопасности при монтаже, ремонте, обслуживании воздушных линий электропередач

**Вариант – 5**

3. Категории электроприёмников
4. Основы кабельных линий

**Вариант – 6**

3. Параметры электрических сетей.
4. Оптоволоконные кабели

**Вариант – 7**

3. Изоляция линий электропередачи
4. Осмотр кабельных линий

**Вариант – 8**

3. Качество электроэнергии и способы его повышения
4. Допустимые нагрузки при эксплуатации кабельных линий

**Вариант – 9**

3. Влияние электрических сетей на окружающую среду
4. Современные кабели

**Вариант – 10**

3. Воздушные линии электропередачи
4. Виды монтажа кабелей

**Вариант – 11**

3. Кабельные линии
4. Устройство и элементы конструкции силовых кабелей

**Вариант – 12**

3. Токопроводы напряжением 6-35 кВ
4. Испытания высоковольтного кабеля

**Вариант – 13**

5. Устройство и конструктивное исполнение сетей напряжением до 1000 В
6. Определение места повреждения кабельной линии

**Вариант – 14**

5. Виды схем и их назначение. Основные требования к схемам электрических сетей
6. Испытания изоляторов воздушных линий

**Вариант – 15**

5. Схемы внешних и внутренних электрических сетей
6. Отбраковка соединений проводов ВЛ

**Вариант – 16**

5. Схемное и конструктивное выполнение и секционирование линий
6. Способы крепления проводов ВЛ к изоляторам

**Вариант – 17**

5. Системы электроснабжения не тяговых потребителей
6. Монтаж силовых кабелей

### **Вариант – 18**

7. Основы линий электропередачи
8. Правила технической эксплуатации электрических сетей

### **Вариант – 19**

1. Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами
2. Приемка в эксплуатацию оборудования и сооружений

### **Вариант – 20**

1. Виды и технологии монтажа воздушных линий электропередач
2. Персонал энергообъектов

### **Вариант – 21**

1. Осмотр воздушных линий
2. Контроль за эффективностью работы сетей

### **Вариант – 22**

1. Профилактические измерения и испытания на ВЛ
2. Технический контроль

### **Вариант – 23**

1. Устранение неисправностей Вл
2. Техническое обслуживание, ремонт и модернизация

### **Вариант – 24**

1. Борьба с гололёдом
2. Техническая и оперативная документация

## **8. Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовки обучающихся к дифференцированному зачету**

Основная учебная литература:

1. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов [Текст]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с. (аналогичные издания)
2. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л.Д. Карнеева, Т.В. Чиркова. – 10-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2013. – 448 с. (аналогичные издания)
3. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн.2: Учебник для учреждений нач. проф. образования / Ю.Д. Сибикин. – 8-е изд; исп. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с. (аналогичные издания)

Дополнительная учебная литература:

1. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справ.: Учебное пособие. – М.: Форум: Инфра-М, 2008. – 480 с.
2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2009 г. – М.: КНОРУС, 2013. – 488 с.

3. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003.

## ЭКЗАМЕН

**1. Условия аттестации:** аттестация проводится в форме экзамена по частичному освоению учебного материала междисциплинарного курса.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 6 астрономических часов, на подготовку – 30 минут (0,5 акад. час).

**3. План варианта** (соотношение практических задач/вопросов с содержанием учебного материала в контексте характера действий аттестуемых 1:2).

### 4. Общие условия оценивания

Оценка по промежуточной аттестации носит *комплексный характер и может включать в себя:*

- результаты выполнения аттестационных заданий;
- оценку портфолио;
- оценку прочих достижений обучающегося.

### 5. Критерии оценки.

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

### 6. Перечень вопросов и заданий для проведения экзамена

1. Классификация цепной контактной подвески.
2. Контактный провод железнодорожной контактной подвески.

3. Несущий трос цепной контактной подвески.
4. Провода рессорных тросов и струн.
5. Провода железнодорожной тяговой сети.
6. Электрические и механические характеристики изоляторов контактной сети.
7. Особенности полимерных, фарфоровых и стеклянных изоляторов.
8. Типы изоляторов, применяемых на контактной сети.
9. Основные требования к арматуре контактной сети.
10. Электрические соединители контактной сети.
11. Соединение проводов контактной сети.
12. Сопряжение анкерных участков контактной сети.
13. Устройство средней анкеровки цепной подвески.
14. Воздушные стрелки контактной подвески.
15. Компенсирующие устройства.
16. Контактная подвеска в искусственных сооружениях.
17. Нагрузка на провода контактной сети.
18. Контактные подвески повышенной ветроустойчивости.
19. Автоколебания и вибрация проводов контактной сети.
20. Износ контактного провода и мероприятия по его снижению.
21. Консоли железнодорожной контактной сети.
22. Жёсткие и гибкие поперечины контактной сети.
23. Фиксаторы контактного провода.
24. Классификация опор контактной сети.
25. Железобетонные опоры.
26. Металлические опоры.
27. Способы закрепления опор в грунте.
28. Электрокоррозия фундаментов и подземной части опор.
29. Схемы питания и секционирования контактной сети.
30. Изолирующие сопряжения.
31. Секционные изоляторы.
32. Секционные разъединители.
33. Стыкование контактной сети переменного и постоянного тока.
34. Железнодорожная тяговая рельсовая цепь.
35. Устройства заземления в системе железнодорожного электроснабжения.
36. Защита контактной сети от перенапряжений.
37. Габариты и нормы расположения проводов и опор контактной сети.
38. Правила составления планов (трассировки) контактной сети.
39. Организация строительных и монтажных работ по сооружению контактной сети.
40. Строительные работы по сооружению контактной сети.
41. Монтаж контактной сети.
42. Приёмка контактной сети перед вводом в эксплуатацию.
43. Техническое обслуживание контактной сети.
44. Виды ремонта контактной сети.

45. Методы обслуживания контактной сети.
46. Методы выявления дефектных изоляторов.
47. Сущность плавки гололёда.
48. Балльная оценка состояния контактной сети.
49. Диагностирование состояния контактной сети.
50. Методы восстановления повреждённой контактной сети.
51. Вертикальная регулировка контактного провода.
52. Категории работ.
53. Общие меры безопасности при различных категориях работ.
54. Опасные места на контактной сети.
55. Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих.
56. Работы со снятием напряжения и заземлением.
57. Работы под напряжением.
58. Комбинированные работы без снятия напряжения с контактной подвески.
59. Организация труда работников района контактной сети.
60. Структура и задачи дистанции электроснабжения.
61. Область применения устройств  
КС-200 МФ-85. НСФ70-3/0,5 УХЛ1 С1,85/10,1 ДС4,5/3,5
62. Область применения устройств  
КС-160 БрФ-100 ФСФ70-3/0,5 УХЛ1 ГК 4,5/12,8 ФКА-117-5,0
63. Область применения устройств  
КС-140 МФО-100. КСФ70-25/0,95 УХЛ1 СК 8/10,8 ТСН-4-4,0
64. Область применения устройств  
КС-Р ПС-95 НСФтКр120/0,48 СКЦо-4,5-10,8 К-ХVI-36
65. Область применения устройств  
КС-120 М-120 НСФт 120/0,6 СКУ 4,5/13,6 ЗФ-1
66. Область применения устройств  
КС-70 МГГ-95. НСФтКр 120/0,48 СКЦо-4,5-10,8 ТАН-4,0
67. Область применения устройств  
КС-50 А-185 НСКр 120/0,45 МД-11-98 ФС-98-1,7
68. Область применения устройств  
КС-Р АС-70 ФСКр 70-2/0,87 С108,6-1 АС-1,7
69. Область применения устройств  
КС-Д ПБСА50/70 КСКр 70-5/0,9 МК-12 КА-5,0
70. Область применения устройств  
КС-ПР ПБСМ2 ОСКр 200-5/0,9 СО136,6-3 К-ХVI-36
71. Область применения устройств  
КС-200 БрФ-100 КСФ70-25/0,95УХЛ1 СКУ 4,5/13,6 ТАН-4,0
72. Область применения устройств  
КС-160 МФО-100. НСФт 120/0,6 СКЦо-4,5-10,8 ФС-98-1,7
73. Область применения устройств  
КС-140 М-120 НСФтКр 120/0,48 МД-11-98 АС-1,7
74. Область применения устройств

КС-120	МГГ-95.	НСКр 120/0,45	С108,6-1	ФС-98-1,7
75. Область применения устройств				
КС-70	А-185	ФСКр 70-2/0,87	МК-12	К-ХVI-36
76. Область применения устройств				
КС-50	АС-70.	КСКр 70-5/0,9	СО136,6-3	АК-IX-30
77. Область применения устройств				
КС-Р	ПБСА50/70	ОСКр 200-5/0,9	С156,7-8	ДС4,5/3,5
78. Область применения устройств				
КС-Д	ПБСМ2	ПСКр 120/0,93	С1,85/10,1	ФКА-117-5,0
79. Область применения устройств				
КС-ПР	ПС-95	НСФ70-3/0,5УХЛ1	ГК 4,5/12,8	ТСН-4-4,0
80. Область применения устройств				
КС-200	БрФ-100	КСФ70-25/0,95УХЛ1	СКУ 4,5/13,6	ТАН-4,0
81. Область применения устройств				
КС-160	МФО-100.	НСФтКр 120/0,48	МД-11-98	ДС4,5/3,5
82. Область применения устройств				
КС-Р	А-185	НСФтКр 120/0,48	СКУ 4,5/13,6	ТСН-4-4,0
83. Область применения устройств				
КС-Д	АС-70	НСКр 120/0,45	СКЦо-4,5-10,8	ЗФ-1
84. Область применения устройств				
КС-ПР	ПБСА50/70	ФСКр 70-2/0,87	МД-11-98	ТАН-4,0
85. Область применения устройств				
КС-200.	ПБСМ2	КСКр 70-5/0,9	С108,6-1	ФС-98-1,7
86. Область применения устройств				
КС-140	МГГ-95.	КСКр 70-5/0,9	ГК 4,5/12,8	ТСН-4-4,0
87. Область применения устройств				
КС-ПР	ПБСМ2	ОСКр 200-5/0,9	СО136,6-3	К-ХVI-36
88. Область применения устройств				
КС-Р	ПБСА50/70	ОСКр 200-5/0,9	С156,7-8	ДС4,5/3,5
89. Область применения устройств				
КС-160	МФО-100	НСФтКр120/0,48	МД-11-98	ДС4,5/3,5
90. Область применения устройств				
КС-120	М-120	НСФт 120/0,6	СКУ 4,5/13,6	ЗФ-1

## 1. Варианты заданий для проведения экзамена

### Вариант – 1

1. Классификация цепной контактной подвески.
  2. Секционные изоляторы.
  3. Область применения устройств
- КС-200 МФ-85. НСФ70-3/0,5 УХЛ1 С1,85/10,1 ДС4,5/3,5

### Вариант – 2

1. Контактный провод железнодорожной контактной подвески.
2. Секционные разъединители.



3. Область применения устройств

КС-160 БрФ-100 ФСФ70-3/0,5 УХЛ1 ГК 4,5/12,8 ФКА-117-5,0

**Вариант – 3**

1. Несущий трос цепной контактной подвески.

2. Стыкование контактной сети переменного и постоянного тока.

3. Область применения устройств

КС-140 МФО-100. КСФ70-25/0,95 УХЛ1 СК 8/10,8 ТСН-4-4,0

**Вариант – 4**

1. Провода рессорных тросов и струн.

2. Железнодорожная тяговая рельсовая цепь.

3. Область применения устройств

КС-Р ПС-95 НСФтКр120/0,48 СКЦо-4,5-10,8 К-ХVI-36

**Вариант – 5**

1. Провода железнодорожной тяговой сети

2. Устройства заземления в системе железнодорожного электроснабжения.

3. Область применения устройств

КС-120 М-120 НСФт 120/0,6 СКУ 4,5/13,6 ЗФ-1

**Вариант – 6**

1. Электрические и механические характеристики изоляторов контактной сети.

2. Защита контактной сети от перенапряжений.

3. Область применения устройств

КС-70 МГГ-95. НСФтКр 120/0,48 СКЦо-4,5-10,8 ТАН-4,0

**Вариант – 7**

1. Особенности полимерных, фарфоровых и стеклянных изоляторов.

2. Габариты и нормы расположения проводов и опор контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-50 А-185 НСКр 120/0,45 МД-11-98 ФС-98-1,7

**Вариант – 8**

1. Типы изоляторов, применяемых на контактной сети.

2. Правила составления планов (трассировки) контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-Р АС-70 ФСКр 70-2/0,87 С108,6-1 АС-1,7

**Вариант – 9**

1. Основные требования к арматуре контактной сети.

2. Организация строительных и монтажных работ по сооружению контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-Д ПБСА50/70 КСКр 70-5/0,9 МК-12 КА-5,0

**Вариант – 10**

1. Электрические соединители контактной сети.

2. Строительные работы по сооружению контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-ПР ПБСМ2 ОСКр 200-5/0,9 СО136,6-3 К-ХVI-36

### **Вариант – 11**

1. Соединение проводов контактной сети.

2. Монтаж контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-200 БрФ-100 КСФ70-25/0,95УХЛ1 СКУ 4,5/13,6 ТАН-4,0

### **Вариант – 12**

1. Сопряжение анкерных участков контактной сети.

2. Приёмка контактной сети перед вводом в эксплуатацию.

3. Область применения устройств

КС-160 МФО-100. НСФт 120/0,6 СКЦо-4,5-10,8 ФС-98-1,7

### **Вариант – 13**

1. Устройство средней анкеровки цепной подвески.

2. Техническое обслуживание контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-140 М-120 НСФтКр 120/0,48 МД-11-98 АС-1,7

### **Вариант – 14**

1. Воздушные стрелки контактной подвески.

2. Виды ремонта контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-120 МГГ-95. НСКр 120/0,45 С108,6-1 ФС-98-1,7

### **Вариант – 15**

1. Компенсирующие устройства.

2. Методы обслуживания контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-70 А-185 ФСКр 70-2/0,87 МК-12 К-ХVI-36

### **Вариант – 16**

1. Контактная подвеска в искусственных сооружениях.

2. Методы выявления дефектных изоляторов.

3. Область применения устройств

КС-50 АС-70. КСКр 70-5/0,9 СО136,6-3 АК-IX-30

### **Вариант – 17**

1. Нагрузка на провода контактной сети.

2. Сущность плавки гололёда.

3. Область применения устройств

КС-Р ПБСА50/70 ОСКр 200-5/0,9 С156,7-8 ДС4,5/3,5

### **Вариант – 18**

1. Контактные подвески повышенной ветроустойчивости.

2. Балльная оценка состояния контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-Д ПБСМ2 ПСКр 120/0,93 С1,85/10,1 ФКА-117-5,0

### **Вариант – 19**

1. Автоколебания и вибрация проводов контактной сети.

2. Диагностирование состояния контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-ПР ПС-95 НСФ70-3/0,5УХЛ1 ГК 4,5/12,8 ТСН-4-4,0

**Вариант – 20**

1. Износ контактного провода и мероприятия по его снижению.
2. Методы восстановления повреждённой контактной сети.
3. Область применения устройств

КС-200 БрФ-100 КСФ70-25/0,95УХЛ1 СКУ 4,5/13,6 ТАН-4,0

**Вариант – 21**

1. Консоли железнодорожной контактной сети.
2. Вертикальная регулировка контактного провода.
3. Область применения устройств

КС-160 МФО-100. НСФтКр 120/0,48 МД-11-98 ДС4,5/3,5

**Вариант – 22**

1. Жёсткие и гибкие поперечины контактной сети.
2. Категории работ.
3. Область применения устройств

КС-Р А-185 НСФтКр 120/0,48 СКУ 4,5/13,6 ТСН-4-4,0

**Вариант – 23**

1. Фиксаторы контактного провода.
2. Общие меры безопасности при различных категориях работ.
3. Область применения устройств

КС-Д АС-70 НСКр 120/0,45 СКЦо-4,5-10,8 ЗФ-1

**Вариант – 24**

1. Классификация опор контактной сети.
2. Опасные места на контактной сети.
3. Область применения устройств

КС-ПР ПБСА50/70ФСКр 70-2/0,87 МД-11-98 ТАН-4,0

**Вариант – 25**

1. Железобетонные опоры.
2. Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих.
3. Область применения устройств

КС-200. ПБСМ2 КСКр 70-5/0,9 С108,6-1 ФС-98-1,7

**Вариант – 26**

1. Металлические опоры.
2. Работы со снятием напряжения и заземлением.
3. Область применения устройств

КС-140 МГГ-95. КСКр 70-5/0,9 ГК 4,5/12,8 ТСН-4-4,0

**Вариант – 27**

1. Способы закрепления опор в грунте.
2. Работы под напряжением.
3. Область применения устройств

КС-ПР ПБСМ2 ОСКр 200-5/0,9 СО136,6-3 К-ХVI-36

**Вариант – 28**

1. Электрокоррозия фундаментов и подземной части опор.

2. Комбинированные работы без снятия напряжения с контактной подвески.

3. Область применения устройств

КС-Р ПБСА50/70 ОСКр 200-5/0,9 С156,7-8 ДС4,5/3,5

#### **Вариант – 29**

1. Схемы питания и секционирования контактной сети.

2. Организация труда работников района контактной сети.

3. Область применения устройств

КС-160 МФО-100 НСФтКр120/0,48 МД-11-98 ДС4,5/3,5

#### **Вариант – 30**

1. Изолирующие сопряжения.

2. Структура и задачи дистанции электроснабжения.

3. Область применения устройств

КС-120 М-120 НСФт 120/0,6 СКУ 4,5/13,6 ЗФ-1

### **8. Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовки обучающихся к экзамену:**

Основная учебная литература:

2. Жмудь Д.Д. Устройство и техническое обслуживание контактной сети магистральных электрических железных дорог. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019.

Дополнительная учебная литература:

2. Устройство и техническое обслуживание контактной сети: учеб. пособие / В.Е. Чекулаев и др.; под ред. А.А. Федотова. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014.

3. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. – 214 с.

### **3.4 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУМДК.02.03 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Предметом оценки являются сформированные практический опыт, умения и знания, а также динамика освоения общих и профессиональных компетенций. Оценка освоения междисциплинарного курса предусматривает следующие формы промежуточной аттестации:

#### **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ЗАЧЕТ**

**1. Условия аттестации:** аттестация проводится в форме дифференцированного зачета по завершению освоения учебного материала.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 2 академических часа.

**3. План варианта:** дифференцированный зачет выполняется в виде теста. Тест состоит из 50 вопросов, которые выборочно выбираются из банка вопросов.

#### **4. Общие условия оценивания**

Оценка по промежуточной аттестации может носить комплексный характер и включать в себя:

- результаты выполнения аттестационных заданий;
- оценку портфолио;
- прочие достижения обучающегося.

#### **5. Критерии оценки.**

<b>Оценка</b>	<b>Количество верных ответов</b>
«5» - отлично	Выполнено 91-100 % заданий
«4» - хорошо	Выполнено 76-90% заданий
«3» - удовлетворительно	Выполнено 61-75 % заданий
«2» - неудовлетворительно	Выполнено не более 60% заданий

#### **6. Перечень вопросов и заданий для проведения дифференцированного зачета**

*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.

*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

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

4. Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ в полную звезду?

а) 1.0

б) 1.5

в) 2.0

г)  $\sqrt{3}$

д)  $\sqrt{2}$

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

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

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

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.

9. Требования, предъявляемые к релейной защите?

- а) Обеспечивать селективность, обеспечивать быстродействие, чувствительность и надежность;
- б) Как можно медленнее отключать повреждения;
- в) Передавать сведения о наличии повреждений;
- г) фиксировать повреждения;
- д) Определить величину тока повреждения.

*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.

*11. К скольким принципам относятся защиты по способам обеспечения селективности?*

- а) К двум основным принципам;
- б) К четырем принципам;
- в) К шести принципам;
- г) К десяти принципам;
- д) К одной группе.

*12. Назовите защиты, обладающие относительной селективностью?*

- а) К этой группе относятся токовые и дистанционные защиты;
- б) Газовые защиты;
- в) Защиты, выполненные на светодиодах;
- г) Защиты, выполненные на оптоволокне;
- д) Защиты, выполненные на принципе давления;

*13. Защиты, обладающие абсолютной селективностью?*

- а) Дифференциальные продольные; дифференциальные поперечные; дифференциальные фазные защиты;
- б) Повышения температуры масла трансформаторов;
- в) МТЗ трансформаторов;
- г) Защита от перегрузки;
- д) Защита от снижения уровня масла.

*14. Из каких органов состоит релейная защита?*

- а) Каждое устройство защиты и его схема подразделяются на две части: измерительную и логическую;
- б) Из органов сигнализации и информации;
- в) Каждое устройство состоит из красной и зеленой линии и табло;
- г) Из указательных реле;
- д) Из приемников и передатчиков.

*15. Что является признаком появления к.з.?*

- а) Возрастание тока, понижение «U» и уменьшение сопротивления защищаемого участка;
- б) Повышение температуры масла;

- в) Появления дыма в месте повреждения;
- г) Увеличение частоты;
- д) Снижение частоты.

*16. Какая часть схемы защиты является главной?*

- а) Измерительная часть;
- б) Логическая часть;
- в) Космическая часть;
- г) Ракетная часть;
- д) Планетарная часть.

*17. Назначение оперативного тока в релейной защите?*

- а) Питание оперативных цепей и особенно тех ее элементов, от которых зависит отключение повреждений линий и оборудования;
- б) Обеспечение питания ламп освещения;
- в) Обеспечение работы радиостанций;
- г) Обеспечение сварочных работ;
- д) Освещение подстанций.

*18. Что является источниками оперативного тока?*

- а) Аккумуляторные батареи 110-220 В; трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и ТСН;
- б) Ветряная мельница;
- в) Источники солнечной энергии;
- г) Морской прилив;
- д) Газ метан.

*19. Что является источником постоянного оперативного тока?*

- а) Аккумуляторные батареи СК, СН, VARTA блок и шкафы оперативного тока ШОТ-01;
- б) Тиристоры и варисторы;
- в) Источники лунного света;
- г) Солнечная активность;
- д) Ядерная реакция.

*20. Где должны быть подключены ТСН на подстанциях с переменным оперативным током без выключателей на стороне ВН?*

- а) На ошиновке между силовым трансформатором и выключателем ввода стороны НН?
- б) На шинах НН;
- в) На стороне ВН;
- г) На стороне СН;
- д) На орбите.

*21. Где должен быть подключен ТСН на подстанциях с постоянным оперативным током?*

- а) На шинах НН;
- б) На стороне ВН;
- в) На стороне СН;
- г) На ошиновке силового трансформатора ст. НН;



д) За забором.

22. Где должен быть подключен ТСН на подстанциях 6-35 кВ с выключателями на стороне ВН при наличии переменного оперативного тока?

- а) На вводах питающих линий;
- б) На шинах НН;
- в) На стене РУ;
- г) На заборе;
- д) На крыше.

23. Как должны подключаться силовые выпрямители УКП для обеспечения питания включения выключателей с электромагнитным приводом?

- а) Параллельно на постоянном токе;
- б) Раздельно на постоянном токе;
- в) Включением одного выпрямителя с другим в резерве;
- г) С отключением одного ТСН;
- д) Никак.

24. Как обозначаются токовые реле во вторичных схемах?

- а) КА;
- б) РЗ;
- в) НЗ;
- г) КV;
- д) КН.

25. В каком режиме должен работать трансформатор тока?

- а) В режиме короткого замыкания;
- б) В режиме холостого хода;
- в) В режиме сопротивления нагрузки равной  $\infty$ ;
- г) В режиме замыкания на землю;
- д) В режиме постоянной подзарядки.

26. Можно ли раскорачивать токовые цепи?

- а) Нельзя;
- б) Можно кратковременно;
- в) Можно через большое сопротивление;
- г) Можно принимая защитные средства;
- д) Можно изолированным инструментом.

27. Какие повреждения могут возникать на линиях электропередачи 6-10-35 кВ?

- а) 2-х фазные; 3-х фазные и двойные на землю;
- б) 4-х фазные;
- в) Феррорезонансные к.з.;
- г) Антирезонансные к.з.;
- д) Однофазные к.з.

28. Какие схемы соединения трансформаторов тока применяются для защиты линий 6-10-35 кВ?

- а) Неполная звезда;
- б) Треугольник;

- в) На разность токов двух фаз;
- г) Полная звезда;
- д) Фильтр токов нулевой последовательности.

29. На какой ток выполняются вторичные обмотки трансформаторов тока?

- а) На 5 А или 1 А;
- б) На 10 А;
- в) На 15 А;
- г) На 6 А;
- д) на 20 А.

30. Обозначение выводов Т.Т.

- а) Начало  $L_1$ ;  $U_1$  и конец  $L_2$ ;  $U_2$ ;
- б) Начало  $\alpha$ , конец  $\beta$ ;
- в) Начало N, X; конец M, Z;
- г) Начало A, C; конец B, Y;
- д) Начало H, n; конец K, C.

31. Чем обуславливается ток замыкания на землю в сети 6-10-35 кВ?

- а) Ёмкостью электрически связанной сети;
- б) Индуктивностью сети;
- в) Сечением проводов линии;
- г) Маркой проводов;
- д) Материалом проводов.

32. Каким отношением определяется коэффициент схемы соединения?

а)  $K_{cx} = \frac{I_p}{I_\phi}$  ;

б)  $K_{cx} = \frac{I_{кз}}{I_{сз}}$  ;

в)  $K_{cx} = \frac{\sqrt{3} * I_{ном}}{I_{сз}}$  ;

г)  $K_{cx} = \frac{U}{I}$  ;

д)  $K_{cx} = \frac{3U_\phi}{I_{кз}}$

33. Для чего осуществляется заземление первичной обмотки трансформаторов напряжения, соединенных в звезду с двумя вторичными обмотками?

- а) Для возможности измерения фазных напряжений и осуществления контроля изоляции сети;
- б) По условиям безопасности персонала;
- в) Для крепления ТН к конструкции;
- г) Для красоты;
- д) Для передачи напряжения в землю.

34. Как называется заземление нейтрали трансформатора напряжения ЗНОМ 35 кВ?

- а) Рабочее заземление;
- б) Защитное заземление;
- в) Заземление крепления;
- г) Токопровод;
- д) Молниеотвод.

35. Для чего заземляются вторичные обмотки трансформаторов напряжения?

- а) Для обеспечения защиты персонала и изоляции приборов на случай пробоя изоляции первичной обмотки на вторичную;
- б) Для обеспечения измерения фазных напряжений;
- в) Для измерения линейных напряжений;
- г) Для контроля изоляции;
- д) Для сигнализации.

36. Почему нельзя прокладывать цепи напряжения от ТН до щита управления в разных кабелях?

- а) При прокладке фаз от ТН в разных кабелях увеличивается индуктивность кабеля в связи с нарушением симметрии магнитных потоков различных фаз, что вызывает падение напряжения;
- б) При прокладке в разных кабелях увеличивается ёмкостное сопротивление кабеля;
- в) Увеличивается продольная составляющая активного сопротивления;
- г) Увеличивается ударный ток;
- д) Увеличивается напряжение.

37. Назначение МТЗ линий?

- а) Для защиты линии полностью и резервирования смежной линии;
- б) Для защиты линии от атмосферных осадков;
- в) Для передачи сигнала на диспетчерский пункт;
- г) Для качества защит;
- д) Для связи со спутником.

38. Чем отличается ТО от МТЗ?

- а) ТО обеспечивает селективность выбором тока срабатывания, а МТЗ временем срабатывания;
- б) Ничем;
- в) Стоимостью устройства;
- г) Качеством реле;
- д) Надежностью.

39. Какой коэффициент чувствительности токовой отсечки ЛЭП?

- а) 1.5;
- б) 1.7;
- в) 2.0;
- г) 3.0;
- д) 1.2.

40. Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне основного действия?

- а) 1.5;
- б) 1.2;
- в) 2.0;
- г) 3.0;
- д) 1.1.

*41. Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне резервного действия?*

- а) 1.2;
- б) 2.0;
- в) 1.8;
- г) 1.1;
- д) 1.5.

*42. Какой минимальный коэффициент чувствительности должна иметь диф. защита трансформатора?*

- а) 2.0;
- б) 1.2;
- в) 3.0;
- г) 1.0;
- д) 1.5.

*43. 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.

*44. 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.

*45. 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.

*46. На каких реле выполняется газовая защита основного бака силового трансформатора 25 МВА?*

- а) РТЗ-80;
- б) ПГЗ;

- в) РГЧЗ; ВF-80/Q;
- г) ПТЗ-23;
- д) РТЗ-50.

47. 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.

48. 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.

49. Какой коэффициент чувствительности должна иметь ТО силового трансформатора?

- а) 2.0;
- б) 1.1;
- в) 1.2;
- г) 1.0;
- д) 1.5.

50. Какой коэффициент надежности принимается при выборе уставки токовой отсечки ЛЭП?

- а)  $K_H = 1.2-1.3$ ;
- б)  $K_H = 1.0$ ;
- в)  $K_H = 2.0$ ;
- г)  $K_H = 1.5$ ;
- д)  $K_H = 1.8$ .

51. Какая уставка перегрева масла трансформаторов устанавливается на термореле согласно ПТЭ?

- а) 90 °С;
- б) 50 °С;
- в) 120 °С;
- г) 65 °С;
- д) 100 °С.

52. По какому выражению выбирается уставка токовой отсечки блока линия-трансформатор?

- а)  $I_{сз} = 1.4 * I_{кз\max}^{(3)}$  на стороне НН;
- б)  $I_{сз} = 1.1 * I_{кз}^{(3)}$  ;
- в)  $I_{сз} = 1.2 * I_{ном}$  ;

г)  $I_{сз} = 2.0 * I_{ном}$  ;

д)  $I_{сз} = 1.5 * I_{кзмин}^{(2)}$

53. *Какая зона действия дифференциальной защиты трансформатора?*

- а) Зона, ограниченная трансформаторами тока на стороне ВН и НН трансформатора;
- б) Зона, ограниченная шинами ВН и НН;
- в) Зона, охватывающая шины НН;
- г) Зона, охватывающая шины СН;
- д) Зона, охватывающая обмотки ВН;

54. *Какой коэффициент чувствительности должна иметь дифференциальная защита трансформатора?*

- а) 2.0;
- б) 1.1;
- в) 1.7;
- г) 1.8;
- д) 2.5

55. *Какими реле выполняются газовая защита баков РПН трансформаторов?*

- а) Струйное реле URF25; РТЗ-25;
- б) Реле РТ40;
- в) ДЗТ-11;
- г) РНТ;
- д) ПГЗ.

56. *Назовите основные защиты силового трансформатора?*

- а) Дифференциальная защита и газовая защита;
- б) Защита от замыкания на землю;
- в) Защита от перегрева;
- г) Защита от перегрузки;
- д) Защита от снижения уровня масла.

57. *Для чего устанавливается МТЗ на стороне НН трансформатора?*

- а) Для защиты шин НН от к. з. и для резервирования релейной защиты элементов подключенных к шинам НН;
- б) Для защиты трансформатора от перегрузки;
- в) Для учета электроэнергии;
- г) Для сигнализации;
- д) Для регистрации повреждений.

58. *Для чего устанавливается защита от токов обусловленных внешним к. з.?*

- а) Для защиты трансформатора от сквозных к. з. в случае отказа МТЗ стороны НН и для резервирования основных защит трансформатора;
- б) Для информации оперативного персонала о наличии внешнего к. з.;
- в) Для защиты трансформатора от ухода масла из бака трансформатора;
- г) Для регистрации повреждений;
- д) Для записи т. к. з.

59. По какому выражению определяется ток срабатывания МТЗ от перегрузки трансформатора?

- а)  $I_{сз} = \frac{K_n}{K_v} * I_{ном}$  ;  
б)  $I_{сз} = K_m * I_{кзмакс}^{(3)}$  ;  
в)  $I_{сз} = \frac{K_n * K_{сеп}}{K_v} I_{рабмакс}$  ;  
г)  $I_{сз} = \frac{K_{сеп}}{K_n} * I_{ном}$  ;  
д)  $I_{сз} = K_v * I_{ном}$

60. Где размещается защита от перегрузки на трансформаторе с расщепленной обмоткой стороны НН?

- а) На стороне НН1 и НН2 трансформатора;  
б) На стороне ВН;  
в) На шинах 10 кВ;  
г) В нейтрали трансформатора;  
д) В выхлопной трубе трансформатора.

61. На каких фазах устанавливается реле защиты от перегрузки?

- а) На одной из фаз;  
б) На фазах А; В и С;  
в) В нуле схемы трансформаторов тока;  
г) В маслопроводе;  
д) Не устанавливается совсем.

62. По каким условиям выбирается ток срабатывания токовой отсечки трансформатора с реле РТ-40?

- а) По условию отстройки от максимального тока короткого замыкания на шинах НН;  
б) По условию от броска тока намагничивания трансформатора;  
в) По условию отстройки от тока небаланса;  
г) По условию отстройки от минимального тока к. з.;  
д) По условию отстройки от максимального тока нагрузки.

63. Какие классы точности имеют трансформаторы тока?

- а) 0.2; 0.5; 1.0; 3.0;  
б) 0.1; 1.5; 10; 17;  
в) 0.05; 0.07; 0.15;  
г) 0.02; 0.6; 0.8;  
д) 1; 2; 3; 5.

64. В каком режиме должен работать трансформатор напряжения?

- а) В режиме холостого хода;  
б) В режиме короткого замыкания;  
в) В режиме перегруза;  
г) В режиме недогруза;  
д) В нормальном режиме.

65. На каком принципе работает дифференциальная защита трансформатора?

- а) На принципе сравнения величины токов на стороне ВН и НН;
- б) На принципе сравнения частот токов по концам защищаемого элемента;
- в) На принципе сравнения фаз по концам защищаемого трансформатора;
- г) На принципе сравнения напряжений;
- д) На принципе сравнения мощности.

66. По какому выражению определяется ток срабатывания МТЗ силового трансформатора?

а) 
$$I_{сз} = \frac{K_n * K_{сзп}}{K_v} * I_{рабмакс};$$

б) 
$$I_{сз} = K_n * I_{кзмакс}^{(3)};$$

в) 
$$I_{сз} = \frac{K_n}{K_v} * I_{кзмакс}^{(3)};$$

г) 
$$I_{сз} = 1.3 * I_{ном};$$

д) 
$$I_{сз} = 1.1 * I_{кзмин}^{(2)}$$

67. Какой коэффициент надежности применяется при выборе тока срабатывания дифференциальной защиты с реле РНТ от броска намагничивания?

- а) 1.0-1.3;
- б) 1.5-1.7;
- в) 0.7-0.8;
- г) 2.0-2.5;
- д) 1.5-1.9.

68. По какому выражению определяется коэффициент чувствительности?

а) 
$$K_{ч} = \frac{I_{кзмин}}{I_{сз}};$$

б) 
$$K_{ч} = \frac{I_{сз}}{I_{ном}};$$

в) 
$$K_{ч} = \frac{I_{кзмакс}}{I_{ном}};$$

г) 
$$K_{ч} = \frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{ном}};$$

д) 
$$K_{ч} = \frac{I_{ном}}{n_{ТТ}}$$

69. По какому условию определяется уставка МТЗ трансформатора ст. ВН?

- а) По условию несрабатывания на отключение при послеаварийных перегрузках;
- 2) По условию согласования поток с МТЗ стороны НН;
- б) По условию согласования с дифференциальной защитой;



- в) По условию согласования с токовой отсечкой;
- г) По условию согласования с газовой защитой;
- д) По условию согласования с защитой от перегрузки.

70. Какой коэффициент надежности применяется при выборе тока срабатывания МТЗ трансформатора?

- а) 1.1-1.2;
- б) 1.5-1.6;
- в) 1.6-1.8;
- г) 2.0-2.5;
- д) 1.8-1.9.

71. По каким условиям выбирается уставка тока срабатывания дифференциальной защиты трансформатора с реле РНТ-565?

- а) 1) По условию от броска намагничивания;
- 2) По условию от тока небаланса при сквозном к. з.;
- б) По условию отстройки от  $I_{кз\max}^{(3)}$  ;
- в) По условию отстройки от  $U_{\max}$ ;
- г) По условию отстройки от повышения частоты;
- д) По условию отстройки от понижения частоты.

72. Какой коэффициент надежности применяется при выборе тока срабатывания дифференциальной защиты с реле РНТ от броска намагничивания?

- а) 1.0-1.3;
- б) 1.5-1.7;
- в) 0.7-0.8;
- г) 2.0-2.5;
- д) 1.6-1.9.

73. Какой коэффициент надежности применяется при выборе тока срабатывания дифференциальной защиты с реле РНТ от тока небаланса?

- а) 1.3;
- б) 1.1;
- в) 1.0;
- г) 1.5;
- д) 1.6.

74. Какой коэффициент надежности применяется при выборе тока срабатывания дифференциальной защиты с реле ДЗТ-11 от броска тока намагничивания?

- а)  $K_n = 1.2-1.5$ ;
- б)  $K_n = 1.0-1.1$ ;
- в)  $K_n = 1.6-1.8$ ;
- г)  $K_n = 2.0-2.5$ ;
- д)  $K_n = 2.5-3.0$ .

75. Назовите коэффициент чувствительности пускового органа по напряжению комбинированной отсечки?

- а) 1.5;

- б) 2.0;
- в) 0.8;
- г) 1.2;
- д) 0.9.

76. На каких трансформаторах устанавливается специальная токовая защита нулевой последовательности?

- а) На трансформаторах с группой соединения  $Y/Y_0 6-10/0.4\text{кВ}$  ;
- б) На трансформаторах с группой соединения  $Y/\Delta$  ;
- в) На трансформаторах с группой соединения  $\Delta/\Delta$  ;
- г) На трансформаторах с группой соединения  $Y/Y$  ;
- д) на автотрансформаторах.

77. По какому выражению определяется уставка по току комбинированной токовой отсечки блока линия-трансформатор?

- а)  $I_{сз} = \frac{I_{кз\text{мин}}^{(2)}}{K_{ч}}$  ;
- б)  $I_{сз} = 1.4 * I_{кз}^{(3)}$  ;
- в)  $I_{сз} = K_{сх} * I_{ном}$  ;
- г)  $I_{сз} = K_{н} * I_{ном}$

78. По какому выражению определяется напряжение срабатывания блока линии-трансформатор?

- а)  $U_{сз} = \frac{\sqrt{3} * I_{сз} (Z_{л} + Z_{м})}{K_{н}}$  ;
- б)  $U_{сз} = K_{н} * I_{сз}$  ;
- в)  $U_{сз} = K_{н} * U_{ост}$  ;
- г)  $U_{сз} = K_{сзн} * U_{ном}$  ;
- д)  $U_{сз} = K_{в} * I_{кз}$

79. По какому выражению определяется остаточное напряжения?

- а)  $U_{ост}^{(3)} = \sqrt{3} * I_{сз} (Z_{л} + Z_{м})$  ;
- б)  $U_{ост} = 1.0 * I_{сз} (Z_{л} + Z_{м})$  ;
- в)  $U_{ост} = 1.5 * I_{сз} (Z_{л} + Z_{м})$  ;
- г)  $U_{ост} = 1.3 * I_{сз} (Z_{л} + Z_{м})$  ;
- д)  $U_{ост} = 1.4 * I_{сз} (Z_{л} + Z_{м})$  .

80. По какому выражению определяется уставка защита от повышения напряжения?

- а)  $U_{сз} = 1.1 * U_{ном}$  ;
- б)  $U_{сз} = 1.3 * U_{н}$  ;
- в)  $U_{сз} = 0.5 * U_{ном}$  ;
- г)  $U_{сз} = 2 * U_{ном}$  ;
- д)  $U_{сз} = 0.75 * U_{ном}$  ;

81. В каких режимах работают нейтрали трансформаторов напряжением 110-750 кВ?

- а) В режиме эффективного заземления нейтралей;
- б) В режиме изолированной нейтрали;
- в) В режиме резистивного заземления нейтралей;
- г) В режиме с компенсированными нейтралями;
- д) В режиме глухого заземления нейтрали.

82. По какому выражению определяется уставка токовой отсечки блока линия-трансформатор?

а)  $I_{сз} = 1.4 * I_{кз\max\text{наст.НН}}^{(3)}$  ;

б)  $I_{сз} = \frac{K_n}{K_v} * I_{кз\max}^{(3)}$  ;

в)  $I_{сз} = 2.0 * I_{кз\max}^{(3)}$  ;

г)  $I_{сз} = 3.0 * I_{ном}$  ;

д)  $I_{сз} = 1.5 * I_{ном}$

83. В каком режиме работает аккумуляторная батарея?

- а) В режиме постоянного подзаряда;
- б) В режиме заряд-разряд;
- в) В режиме тренировочного разряда;
- г) В режиме холостого хода;
- д) В режиме короткого замыкания.

84. Где должны включаться ТСН на подстанциях 6-10-35 кВ с выключателями на стороне ВН?

- а) На шинах низшего напряжения;
- б) На питающих линиях стороны ВН;
- в) На ошиновке между трансформатором и выключателем стороны НН;
- г) На территории здания подстанции.

85. Как обозначается на схемах реле напряжения?

- а) KV;
- б) KT;
- в) KH;
- г) KW;
- д) KVZ.

86. Как обозначается на схемах реле времени?

- а) KT;
- б) KV;
- в) KL;
- г) KM;
- д) KH.

87. Как обозначается трансформатор тока на эл. схемах?

- а) ТА;
- б) РА;
- в) PV;
- г) РК;
- д) TV.

88. Как обозначается на схемах короткозамыкатель?

- а) QK;
- б) QS;
- в) QF;
- г) PK;
- д) SQ.

89. Как определяется коэффициент трансформации трансформатора тока?

- а)  $n_{ТТ} = \frac{I_{1НОМ}}{I_{2НОМ}}$  ;
- б)  $n_{ТТ} = \frac{I_{раб.макс}}{I_{2НОМ}}$  ;
- в)  $n_{ТТ} = \frac{\sqrt{3} * I_1}{I_{2НОМ}}$  ;
- г)  $n_{ТТ} = \frac{0.87 * I_{кз}}{I_{2н}}$  ;
- д)  $n_{ТТ} = \frac{0.8 * I_n}{I_{2н}}$

90. Как определяется коэффициент схемы при симметричных режимах?

- а)  $K_{сх}^{(3)} = \frac{I_p}{I_\phi}$  ;
- б)  $K_{сх}^{(3)} = \frac{I_n}{I_\phi}$  ;
- в)  $K_{сх}^{(3)} = \frac{I_{кз}}{n_{ТТ}}$  ;
- г)  $K_{сх}^{(3)} = \frac{I_\phi}{I_p}$  ;
- д)  $K_{сх}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{I_p}$

91. Какое напряжение на вторичной обмотке трансформатора напряжения типа НОЛ?

- а) 100 В;
- б) 120 В;
- в) 200 В;
- г) 87 В;
- д) 75 В.

92. Какие трансформаторы напряжения являются антирезонансные?

- а) НАМИТ; НАМИ;
- б) ЗНОЛ;
- в) ЗНОМ;
- г) НОЛ; НОМ;
- д) НТМИ.

93. Какие трансформаторы служат только для измерения междуфазных напряжений?

- а) НОЛ; НОМ;
- б) НТМИ;
- в) ЗНОЛ; НТМК
- г) ЗНОМ;
- д) НАМИ.

94. 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.

95. 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)  $I_{сз} = K_c * I_{рабмакс}$ ;
- г)  $I_{сз} = K_n * I_{заш.наземлю}$ ;
- д)  $I_{сз} = I_{кз} / n_{ТГ}$

96. По какому выражению определяется защита от сверхтока перегрузки?

- а)  $I_{сз} = K_{отс} / K_v * I_n = 1.3I_{ном}$ ;
- б)  $I_{сз} = 1.5 * I_n$ ;
- в)  $I_{сз} = 2.0 * I_{ном}$ ;
- г)  $I_{сз} = 1.0 * I_{сз}$ ;
- д)  $I_{сз} = 1.8 * I_{сз}$

97. 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.

98. 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.

99. По какому выражению определяется напряжения срабатывания реле напряжения РН-54/160 МТЗ с блокировкой напряжения по напряжению линий?

а) 
$$U_{сз} = \frac{0.9 * U_n}{K_n * K_v};$$

б) 
$$U_{сз} = \frac{U_{средн}}{K_n};$$

в) 
$$U_{сз} = \frac{U_{ост}}{K_n * K_v};$$

г) 
$$U_{сз} = 1.3 * U_n;$$

д) 
$$U_{сз} = 1.5 * U_{ост}$$

100. 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.

101. Какой коэффициент возврата принимается при выборе напряжения срабатывания МТЗ с блокировкой по напряжению?

а) 1.2;

б) 0.8;

в) 1.6;

г) 1.1;

д) 0.9.

102. Назовите величины коэффициента самозапуска при расчете МТЗ линии при наличии общепромышленной нагрузки?

а) 4-5;

б) 1.5-2;

в) 1.1-1.3;

г) 1.4-2.0;

д) 0.9-1.0.

103. Назовите величины коэффициента чувствительности токовой отсечки силового трансформатора?

а) 1.0-1.2;

б) 2.0;

в) 0.8-0.9;

г) 1.2;

д) 1.5.

104. Как действует защита от понижения уровня масла в баке РПН?

а) Действует на сигнал;

б) Действует на отключение трансформатора;

в) Действует через спутник на информационную систему;

- г) Действует на отключение подстанции;
- д) Действует на локальную сеть.

*105. Какие трансформаторы напряжения используются для контроля изоляции сети 6-10-35 кВ?*

- а) НПМИТ; ЗНОЛ; ЗНОМ; НАМИ;
- б) НТМК;
- в) НОС; ТПФМ; ТПЛ;
- г) НОЛ;
- д) ТПК.

*106. На какие повреждения реагирует дифференциальная защита трансформаторов 35/10 кВ?*

- а) На междуфазные короткие замыкания;
- б) На однофазные замыкания;
- в) На 4-х фазные к. з.;
- г) На уход масла из трансформатора;
- д) На появление к. з.

*107. На какие виды повреждений реагирует газовая защита основного бака трансформатора?*

- а) На повреждения, связанные с выделением газа, и с уходом масла ниже уровня установки газового реле;
- б) На снижение изоляции обмоток трансформатора;
- в) На повреждение юбок изоляторов стороны НН трансформатора;
- г) На к. з. ошиновки ВН;
- д) На обрыв проводов ЛЭП.

*108. Какое падение напряжения допускается в цепях напряжения расчетных счетчиков?*

- а) Не более 1%;
- б) Не более 0.25%;
- в) Не более 0.5%;
- г) Не более 3%;
- д) Не более 0.75%.

*109. Назовите допустимую величину потери напряжения от ТН до счетчиков технического учета?*

- а) Не более 5%;
- б) Не более 1.5%;
- в) Не более 10.1%;
- г) Не более 0.5%;
- д) Не более 3%.

*110. Назовите допустимую величину падения напряжения для релейной защиты?*

- а) Не более 0.5%;
- б) Не более 3%;
- в) Не более 5%;
- г) Не более 0.1%;

д) Не более 1.5%.

111. Трансформаторы, оборудованные устройствами газовой защиты, должны быть установлены так, чтобы крышка имела подъем по напряжению к газовому реле:

- а) Не менее 1%;
- б) Не менее 0.5%;
- в) Не менее 0.1%;
- г) Не менее 4%;
- д) Не менее 2%.

112. Трансформаторы, оборудованные устройствами газовой защиты, должны быть установлены так, чтобы маслопровод к расширителю имел подъем по напряжению к газовому реле:

- а) Не менее 2%;
- б) Не менее 1%;
- в) Не менее 0.5%;
- г) Не менее 4%;
- д) Не менее 6%.

113. Какая величина тока дещунтирования допустима для реле РТ-85?

- а) Не более 150 А;
- б) Не более 100 А;
- в) Не более 300А;
- г) Не менее 200 А;
- д) Не менее 75 А.

114. По какому выражению определяется номинальный ток трансформатора?

а) 
$$I_{ном} = \frac{\sqrt{3} * U_{ном}}{S_{ном}} ;$$

б) 
$$I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} * U_n} ;$$

в) 
$$I_{ном} = \frac{U_{ср}^2}{\sqrt{3} * X_{тр}} ;$$

г) 
$$I_{ном} = \frac{U_{ном}}{S_{ном}} ;$$

д) 
$$I_{ном} = \frac{U_{ном}}{X_{ном}}$$

115. По какому выражению определяется сопротивление трансформатора?

а) 
$$X_{тр} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} * U_n} ;$$

б) 
$$X_{тр} = \frac{U_{к \%} * U_{ср}^2}{100 * S_{ном}} ;$$



$$в) X_{тр} = \frac{U_k \% * S_{НОМ}}{100 * U_{ср}} ;$$

$$г) X_{тр} = \frac{U_{НОМ}}{I_{НОМ}} ;$$

$$д) X_{тр} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} * I_{НОМ}}$$

116. Какой коэффициент чувствительности должна иметь дифференциальная защита трансформатора?

- а) Не менее 1.1;
- б) Не менее 2.0;
- в) Не менее 1.7;
- г) Не менее 4.5;
- д) Не менее 3.0.

117. Какой коэффициент схемы имеет схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду?

- а) 1;
- б)  $\sqrt{3}$ ;
- в) 0.5;
- г) 2.0;
- д) 1.5.

118. Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ в треугольник, обмоток реле в звезду?

- а)  $\sqrt{3}$ ;
- б) 1;
- в) 1.5;
- г) 2.5;
- д) 1.3.

119. Можно ли применять схему соединения ТТ на разность токов 2-х фаз с одним реле для защиты силовых трансформаторов с соединением обмоток звезда/треугольник?

- а) нет;
- б) да;
- в) ограничено;
- г) На усмотрение главного инженера;
- д) Если другого выхода нет.

120. Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ и обмоток реле в неполную звезду?

- а) 2;
- б) 1;
- в)  $\sqrt{3}$ ;
- г) 3;
- д) 1.5.

121. Какой коэффициент имеет схема соединения ТТ и одного реле на разность токов 2-х фаз?

- а) 1;
- б)  $\sqrt{3}$ ;
- в) 2;
- г) 1.78;
- д) 2.05.

122. По каким параметрам выбирается трансформатор тока?

- а) По габаритам;
- б) По току нагрузки и номинальному напряжению;
- в) По угловой погрешности;
- г) По красоте;
- д) По необходимости.

123. Какой тип реле применяется для дифференциальной защиты с торможением?

- а) ДЗТ-11;
- б) РТ-40;
- в) РНТ-565;
- г) РВМ-12;
- д) РП-341.

124. Какие реле применяются для пуска по напряжению в схеме МТЗ с комбинированным пуском по напряжению?

- а) РНФ-1м и РН-54/160;
- б) РН-54/160 и РТ-40;
- в) РН-53 и РН-140;
- г) РТ-40;
- д) РН-1.

125. Какие коэффициенты надежности применяются при определении тока срабатывания дифференциальной защиты с реле РНТ-565 для определения тока срабатывания по условию отстройки  $I_{\text{нбрасч}} \div I_{\text{сз}} = K_{\text{н}} * I_{\text{нбрасч}}$

- а) 1.3;
- б) 1.1;
- в) 1.0;
- г) 1.8;
- д) 2.0.

126. По каким условиям выбирается ток срабатывания дифференциальной токовой отсечки трансформатора?

- а)  $I_{\text{сз}} = 1.3 * I_{\text{кзмакс}}^{(3)}$ ;  $I_{\text{сз}} = 1. * I_{\text{кзмакс}}^{(3)}$
- б)  $I_{\text{сз}} = 1.3 * I_{\text{нб.расч}}$  и  $I_{\text{сз}} = 3 \div 4 * I_{\text{ном}}$ ;
- в)  $I_{\text{сз}} = \frac{K_{\text{н}} * K_{\text{сэл}}}{K_{\text{в}}} * I_{\text{раб.макс}}$ ;
- г)  $I_{\text{сз}} = 1.5 * I_{\text{ном}}$ ;
- д)  $I_{\text{сз}} = 2.0 * I_{\text{кз}}^{(3)}$

127. По каким выражением выбирается ток срабатывания токовой отсечки трансформатора?

- а)  $I_{сз} = K_n * I_{ном}$  ;
- б)  $I_{сз} = K_n * I_{кз.макс.нн}^{(3)}$  ;
- в)  $I_{сз} = K_n * I_{нб.расч}$  ;
- г)  $I_{сз} = K_n * I_{кз}^{(1)}$  ;
- д)  $I_{сз} = \frac{I_{ном}}{n_{тт}}$

128. По каким условиям выбирается ток срабатывания МТЗ трансформатора на ст. ВН?

- а)  $I_{сз} = K_n * I_{кз.макс}^{(3)}$  ;  
 $I_{сз} = \frac{K_n * K_{сзн}}{K_v} * I_{раб.макс}$  ;
- б)  $I_{сз} = K_{нс} * I_{сз.пред}$  ;
- в)  $I_{сз} = K_n * I_{нб.расч}$  ;  
 $I_{сз} = K_{сзн} * I_{раб.макс}$  ;
- г)  $I_{сз} = 6.0 * I_{ном}$  ;
- д)  $I_{сз} = K_n * I_{кз}^{(3)}$

129. По каким условиям выбирается ток срабатывания дифференциальной токовой защиты трансформатора с реле РНТ 565?

- а)  $I_{сз} = 1.3 * I_{нб.расч}$  ;  
 $I_{сз} = 1 * 1.3 I_{ном}$  ;
- б)  $I_{сз} = 1.4 * I_{кз.макс}^{(3)}$  ;
- в)  $I_{сз} = K_{сзн} * I_{ном}$  ;
- г)  $I_{сз} = 5 * I_{ном}$  ;
- д)  $I_{сз} = 1.1 * I_{кз}$

130. Назовите величины коэффициента чувствительности дифференциальной защиты трансформатора?

- а) Не менее 2;
- б) Не менее 1;
- в) Не менее 1.7;
- г) Не менее 6.0;
- д) Не менее 1.85.

131. Чем отличается ТО от МТЗ?

- а) Обеспечением селективности;
- б) Обеспечением выявлением к. з.;
- в) Обеспечением сигнализации;
- г) Обеспечением фиксации повреждений;
- д) Количеством реле.

132. Какие схемы пусковых органов МТЗ применяются при ЛЭП 110 кВ и выше?

- а) На разность токов двух фаз с одним реле;
- б) Полная звезда с тремя реле;
- в) Неполная звезда с двумя реле;
- г) На разность токов 3-х фаз;
- д) Фильтр токов нулевой последовательности.

133. Назовите коэффициенты схемы для схемы соединения ТТ в треугольник?

- а) 1.0;
- б)  $\sqrt{3}$  ;
- в) 1.5;
- г) 3.0;
- д) 4.25.

134. Какие схемы пусковых органов МТЗ применяются для ЛЭП 6-10-35 кВ?

- а) Полная звезда с тремя реле;
- б) Неполная звезда с тремя реле;
- в) Треугольник с тремя реле;
- г) Фильтр токов нулевой последовательности;
- д) Разомкнутый треугольник.

135. Какой коэффициент чувствительности токовой отсечки ЛЭП?

- а) 1.5;
- б) 1.7;
- в) 2.0;
- г) 1.85;
- д) 2.5.

136. Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне основного действия?

- а) 1.5;
- б) 1.2;
- в) 2.0;
- г) 6.0;
- д) 5.5.

137. Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне резервного действия?

- а) 1.2;
- б) 2.0;
- в) 1.8;
- г) 1.0;
- д) 3.0.

138. Какая зона действия дифференциальной защиты трансформатора?

- а) Зона, ограниченная шинами ВН и НН;

- б) Зона, ограниченная трансформаторами тока на стороне ВН и НН трансформатора;
- в) Зона, охватывающая шины НН;
- г) Зона, охватывающая ввода ВН;
- д) Зона, ограниченная изоляторами.

139. Какой коэффициент чувствительности должна иметь дифференциальная защита трансформатора?

- а) 1.1;
- б) 2.0;
- в) 1.7;
- г) 2.5;
- д) 1.65.

140. Какими реле выполняется газовая защита баков РПН трансформаторов;

- а) Реле РТ-40;
- б) Струйное реле URF 25; РТЗ-25;
- в) ДЗТ-11;
- г) РТЧ-66;
- д) РНТ.

141. По какому выражению определяется ток срабатывания МТЗ от перегрузки трансформатора?

- а)  $I_{сз} = K_n * I_{кз.макс}^{(3)}$  ;
- б)  $I_{сз} = \frac{K_n}{K_v} * I_{ном}$  ;
- в)  $I_{сз} = \frac{K_n * K_{сзн}}{K_v} * I_{раб.макс}$  ;
- г)  $I_{сз} = K_n * I_{ном}$  ;
- д)  $I_{сз} = K_n * I_{кз}$

142. Где размещается защита от перегрузки на трансформаторе с расщепленной обмоткой ст. НН?

- а) На стороне ВН;
- б) На стороне НН1 и НН2 трансформатора;
- в) На шинах 10 кВ;
- г) На шинах ВН;
- д) На проходных изоляторах.

143. На каких фазах устанавливаются реле защиты от перегрузки?

- а) На фазах А; В и С;
- б) На одной из фаз;
- в) В нуле схемы трансформаторов тока;
- г) На четвертой фазе;
- д) На разомкнутом  $\Delta$ .

144. По какому выражению определяется ток МТЗ силового трансформатора?

- а)  $I_{сз} = K_n * I_{кз.макс}^{(3)}$  ;  
 б)  $I_{сз} = \frac{K_n * K_{сзн}}{K_в} * I_{раб.макс}$  ;  
 в)  $I_{сз} = \frac{K_n}{K_в} * I_{кзмакс}^{(1)}$  ;  
 г)  $I_{сз} = K_в * I_{ном}$  ;  
 д)  $I_{сз} = K_n * I_{ном}$

145. По какому выражению определяется коэффициент чувствительности?

- а)  $K_ч = \frac{I_{сз}}{I_{ном}}$  ;  
 б)  $K_ч = \frac{I_{кзмин}^{(2)}}{I_{сз}}$  ;  
 в)  $K_ч = \frac{I_{кзмакс}}{I_{ном}}$  ;  
 г)  $K_ч = \frac{I_{ном}}{n_{гт}}$  ;  
 д)  $K_ч = \frac{I_n}{I_{сз}}$

146. Какой коэффициент надежности применяется при выборе тока срабатывания дифференциальной защиты с реле РНТ от броска намагничивания?

- а) 1.5-1.7;  
 б) 1.0-1.3;  
 в) 0.7-0.8;  
 г) 2.0-2.3;  
 д) 1.8-1.95.

147. По какому выражению определяется напряжение срабатывания реле напряжения РН-54/160 МТЗ с блокировкой по напряжению линии?

- а)  $U_{сз} = \frac{0.9 * U_n}{K_n * K_в}$  ;  
 б)  $U_{сз} = \frac{U_{средн}}{K_n}$  ;  
 в)  $U_{сз} = \frac{U_{ост}}{K_n * K_в}$  ;  
 г)  $U_{сз} = \frac{1.1 * U_{ном}}{K_n * K_в}$  ;  
 д)  $U_{сз} = \frac{U_{ном}}{U_{ост}}$

148. Какой коэффициент надежности принимается при выборе напряжения срабатывания РН-54/160?

- а) 1.2;
- б) 0.8;
- в) 2.0;
- г) 1.8;
- д) 1.7.

149. Какой коэффициент возврата принимается при выборе напряжения срабатывания МТЗ с блокировкой по напряжению?

- а) 1.2;
- б) 0.8;
- в) 1.6;
- г) 0.9;
- д) 1.85.

150. Назовите величину коэффициента самозапуска при расчете МТЗ линии при наличии общепромышленной нагрузки?

- а) 1.0-1.2;
- б) 2.0;
- в) 1.1-1.3;
- г) 3-3.5;
- д) 1.7-1.9.

151. Назовите величину коэффициента чувствительности токовой отсечки силового трансформатора?

- а) 1.0-1.2;
- б) 2.0;
- в) 0.8-0.9;
- г) 4.0;
- д) 3.5.

152. Как действует защита от понижения уровня масла в баке РПН?

- а) Действует на сигнал;
- б) Действует на отключение трансформатора;
- в) Действует через спутник на информационную систему;
- г) Действует через модем диспетчера;
- д) Действует через радио.

## 8. Эталоны ответов

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
ответ	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
Вопрос	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
ответ	б	б	б	а	а	а	б	б	б	а
Вопрос	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
ответ	а	а	б	б	б	а	а	а	б	б
Вопрос	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
ответ	б	а	а	а	а	б	б	б	а	а
Вопрос	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
ответ	а	б	б	б	а	а	а	б	б	б
Вопрос	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
ответ	б	б	б	б	б	б	а	а	а	б
Вопрос	151	152								
ответ	б	б								

## **9. Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовки обучающихся к дифференцированному зачету:**

Основная учебная литература:

1. Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования /Э.А. Киреева, С.А.Цырук. - 3-е изд., стир. - М.: Издательский центр «Академия», 2003.- 288с.

2. Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Текст]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с.



## ЭКЗАМЕН

**1. Условия аттестации:** аттестация проводится в форме экзамена по частичному освоению учебного материала междисциплинарного курса.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 6 астрономических часов, на подготовку – 30 минут (0,5 акад. час).

**3. План варианта** (соотношение практических задач/вопросов с содержанием учебного материала в контексте характера действий аттестуемых 1:2).

### **4. Общие условия оценивания**

Оценка по промежуточной аттестации носит *комплексный характер и может включать в себя:*

- результаты выполнения аттестационных заданий;
- оценку портфолио;
- оценку прочих достижений обучающегося.

### **5. Критерии оценки.**

**Оценка «5» «отлично»** - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

**Оценка «4» «хорошо»** - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

**Оценка «2» «неудовлетворительно»** - Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками.

### **6. Перечень вопросов и заданий для проведения экзамена:**

1. Повреждения возникающие в электроэнергетических системах
2. Анормальные режимы в электроэнергетических системах
3. Последствия перегрузки электрооборудования
4. Назначение, функции, требования, предъявляемые к РЗ.

5. Назовите элементные базы, применяемые в релейной защите.
6. Назначение, основные типы и принцип действия реле, применяемых в схемах РЗ
7. Элементы структурной схема релейной защиты
8. Принципы, используемые при выполнении электромеханических реле.
9. Принцип действия электромагнитных реле.
10. Требования предъявляются к контактам и обмоткам электромеханических реле.
11. Ток срабатывания, ток возврата и коэффициент возврата реле
12. Устройство, принцип работы и применение реле тока.
13. Устройство, принцип работы и применение реле напряжения
14. Устройство, принцип работы и применение реле времени.
15. Назначение промежуточных реле
16. Преимущества герконовых реле
17. Работа и применение указательного реле
18. Назначение добавочного резистора в реле времени
19. Трансформаторы тока в цепях РЗ
20. Трансформаторы напряжения в цепях РЗ
21. Виды оперативного тока применяются в релейной защите
22. Требования предъявляются к релейной защите
23. Виды отказов могут иметь место в релейной защите
24. Назовите источники переменного оперативного тока.
25. Требования селективности применительно к релейной защите
26. Чувствительность релейной защиты
27. Виды токовых релейных защит
28. Применение МТЗ
29. Отличие МТЗ от ТО
30. Выбор тока срабатывания МТЗ и ТО
31. Принцип действия ТО

32. Дистанционная защита, характеристика.
33. Перечислите виды дифференциальных токовых защит.
34. Из каких органов состоит дистанционная защита
35. Защита кабельных линий.
36. Оперативный ток в схемах РЗ.
37. Назначение, виды и разновидности устройств автоматики в системе электроснабжения.
38. Защита воздушных линий.
39. Защита силовых трансформаторов.
40. Защита высоковольтных присоединений различного назначения.
41. Защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью
42. Методика расчёта уставок защит.
43. Выбор схемы соединения трансформаторов тока
44. Каково назначение газовой защиты трансформаторов?
45. Микропроцессорные защиты.
46. Структура, принцип действия, основные функции микропроцессорные защиты
47. С какой целью применяются устройства АП В?
48. Что такое успешные и неуспешные АП В?
49. Системы автоматического повторного включения (АПВ): назначение, виды.
50. Требования к АПВ

## **7. Варианты заданий для проведения экзамена**

### **Вариант – 1**

1. Требования к АПВ.
2. Чувствительность релейной защиты.

### **Вариант – 2**

1. Системы автоматического повторного включения (АПВ): назначение, виды.
2. Трансформаторы тока в цепях РЗ.

### **Вариант – 3**

1. Успешные и неуспешные АПВ.

2. Защита воздушных линий.

#### **Вариант – 4**

1. Для какой цели применяются устройства АПВ.
2. Применение МТЗ.

#### **Вариант – 5**

1. Структура, принцип действия, основные функции микропроцессорные защиты.
2. Назначение промежуточных реле.

#### **Вариант – 6**

1. Назначение газовой защиты трансформаторов.
2. Выбор тока срабатывания МТЗ и ТО.

#### **Вариант – 7**

1. Выбор схемы соединения трансформаторов тока.
2. Устройство, принцип работы и применение реле тока.

#### **Вариант – 8**

1. Методика расчёта уставок защит.
2. Элементы структурной схема релейной защиты

#### **Вариант – 9**

1. Защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.
2. Требования предъявляются к релейной защите.

#### **Вариант – 10**

1. Назначение, виды и разновидности устройств автоматики в системе электроснабжения.
2. Дистанционная защита, характеристика.

#### **Вариант – 11**

1. Защита высоковольтных присоединений различного назначения.
2. Назовите элементные базы, применяемые в релейной защите.

#### **Вариант – 12**

1. Защита силовых трансформаторов.
2. Повреждения, возникающие в электроэнергетических системах.

#### **Вариант – 13**

1. Оперативный ток в схемах РЗ.
2. Анормальные режимы в электроэнергетических системах.

#### **Вариант – 14**

1. Защита кабельных линий.
2. Последствия перегрузки электрооборудования.

### **Вариант – 15**

1. Назначение, функции, требования, предъявляемые к РЗ.
2. Из каких органов состоит дистанционная защита.

### **Вариант – 16**

1. Назначение, основные типы и принцип действия реле, применяемых в схемах РЗ.
2. Принцип действия ТО.

### **Вариант – 17**

1. Элементы структурной схема релейной защиты.
2. Отличие МТЗ от ТО.

### **Вариант – 18**

1. Виды токовых релейных защит.
2. Принципы, используемые при выполнении электромеханических реле.

### **Вариант – 19**

1. Требования селективности применительно к релейной защите.
2. Принцип действия электромагнитных реле.

### **Вариант – 20**

1. Требования селективности применительно к релейной защите.
2. Принцип действия электромагнитных реле.

### **Вариант – 21**

1. Назовите источники переменного оперативного тока.
2. Требования предъявляются к контактам и обмоткам электромеханических реле.

### **Вариант – 22**

1. Виды отказов могут иметь место в релейной защите.
2. Ток срабатывания, ток возврата и коэффициент возврата реле.

### **Вариант – 23**

1. Виды оперативного тока применяются в релейной защите.
2. Устройство, принцип работы и применение реле напряжения.

### **Вариант – 24**

1. Трансформаторы напряжения в цепях РЗ.
2. Устройство, принцип работы и применение реле времени.

### **Вариант – 25**

1. Преимущества герконовых реле.
2. Принцип действия ТО.

### **Вариант – 26**

1. Работа и применение указательного реле.
2. Трансформаторы тока в цепях РЗ.

### **Вариант – 27**

1. Назначение добавочного резистора в реле времени.
2. Для какой цели применяются устройства АПВ.

## **3.5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ УП.02.01 УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА**

### **1. Описание**

Обучающиеся допускаются к сдаче дифференцированного зачета по учебной практике при условии выполнения всех видов работ на практике, предусмотренных программой и своевременном предоставлении портфолио по учебной практике, включающего в себя:

- титульный лист;
- индивидуальное задание;
- дневник учебной практики;
- отчет по практике;
- выполненное индивидуальное задание;
- положительный аттестационный лист и характеристики руководителей практики от организации прохождения практики и образовательной организации об уровне освоения профессиональных компетенций.

Образцы документов представлены в приложении **Пакет документов УП.02.01 УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА**.

Дифференцированный зачет проходит в форме защиты портфолио.

На проведения дифференцированного зачета отводится 90 минут.

На дифференцированном зачете обучающиеся могут использовать: *портфолио по учебной практике*.

### **2. Критерии оценки**

**Оценка «5» «отлично»** - обучающийся демонстрирует полноту выполнения структурных элементов практики. Индивидуальное задание выполнено в полном объеме на качественном уровне. Контролирующая документация представлена исчерпывающе. Наличие положительных отзывов с баз практики о выполненных видах работ. Содержание портфолио свидетельствует о большой проделанной работе, творческому отношению к содержанию. Прослеживается стремление к самообразованию и повышению квалификации. Проявляется использование различных источников информации. В оформлении документов проявляется оригинальность и высокий уровень владения ин-

формационно-коммуникационными технологиями. Контрольные задания выполнены верно.

**Оценка «4» «хорошо»** -обучающийся демонстрирует выполнение в целом структурных элементов практики. Имеются небольшие замечания по выполнению индивидуального задания. Контролирующая документация представлена в полном объеме. Наличие положительных отзывов с баз практики о выполненных видах работ. Используются основные источники информации. Отсутствует творческий элемент в оформлении. Проявляется достаточный уровень владения информационно-коммуникационными технологиями. Контрольные задания выполнены с небольшим количеством ошибок и неточностей.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** -обучающийся демонстрирует выполнение большинства структурных элементов практики. Индивидуальное задание выполнено не в полном соответствии с требованиями. Контролирующая документация представлена частично. Отзывы с баз практики содержат замечания и рекомендации по совершенствованию профессиональных умений и навыков. Источники информации представлены фрагментарно. Отсутствует творческий элемент в оформлении. Проявляется низкий уровень владения информационно-коммуникационными технологиями. Контрольные задания выполнены с ошибками (не более 50 %).

### **3.6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ ПП.02.01**

#### **1. Описание**

Обучающиеся допускаются к сдаче дифференцированного зачета по производственной практике при условии выполнения всех видов работ на практике, предусмотренных программой и своевременном предоставлении портфолио по производственной практике, включающего в себя:

- титульный лист;
- индивидуальное задание;
- дневник производственной практики;
- отчет по практике;
- выполненное индивидуальное задание;
- положительный аттестационный лист и характеристики руководителей практики от организации прохождения практики и образовательной организации об уровне освоения профессиональных компетенций.

Образцы документов представлены в приложении **Пакет документов ПРАКТИКЕ ПП.02.01 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА (ПО ПРОФИЛЮ СПЕЦИАЛЬНОСТИ).**

Дифференцированный зачет проходит в форме защиты портфолио  
На проведения дифференцированного зачета отводится 90 минут.

На дифференцированном зачете обучающиеся могут использовать:  
*портфолио по практике.*

## **2. Контрольные вопросы**

Контрольные вопросы по итогам прохождения практики необходимы для систематизации и закрепления собранного материала на практике. Грамотные ответы на контрольные вопросы подтверждают освоение обучающимися ПК и ОК и приобретение практического опыта по ПМ.

1. Назначение, конструкция и принцип действия заданного вида оборудования или устройства.
2. Техническая характеристика заданного вида оборудования или устройства.
3. Виды технического обслуживания заданного вида оборудования или устройства.

## **3. Критерии оценки**

**Оценка «5» «отлично»** -обучающийся демонстрируетполноту выполнения структурных элементов практики. Индивидуальное задание выполнено в полномобъеме на качественном уровне. Контролирующая документация представлена исчерпывающе.Наличиеположительных отзывов с баз практики овыполненных видах работ. Содержание портфолио свидетельствует о большой проделанной работе,творческому отношениюк содержанию.Прослеживаетсястремлениексамообразованиюиповышениюквалификации.Проявляетсяиспользованиеразличныхисточниковинформации.Воформлении документов проявляется оригинальность ивысокийуровеньвладенияинформационно-коммуникационными технологиями. Контрольные задания выполнены верно.

**Оценка «4» «хорошо»** -обучающийся демонстрирует выполнение в целом структурных элементов практики.Имеютсянебольшиезамечанияповыполнениюиндивидуального задания.Контролирующаядокументацияпредставленавполномобъеме.Наличиеположительных отзывовсбазпрактикиовыполненныхвидахработ.Используютсяосновныеисточники информации.Отсутствует творческий элемент в оформлении. Проявляется достаточный уровеньвладения информационно коммуникационными технологиями. Контрольные задания выполнены с небольшим количеством ошибок и неточностей.

**Оценка «3» «удовлетворительно»** - обучающийся демонстрирует выполнение большинства структурных элементов практики. Индивидуальное задание выполнено не в полном соответствии с требованиями. Контролирую-



щая документация представлена частично. Отзывы с баз практикисодержат замечания и рекомендации по совершенствованию профессиональныхуменийинавыков.Источникиинформации представлены фрагментарно. Отсутствует творческий элемент в оформлении. Проявляется низкий уровеньвладения информационно-коммуникационными технологиями. Контрольные задания выполнены с ошибками (не более 50 %).

#### 4. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ЭКЗАМЕНА КВАЛИФИКАЦИОННОГО

Экзамен квалификационный проводится непосредственно после завершения освоения программы профессионального модуля, т. е. после изучения междисциплинарных курсов и прохождения учебной и (или) производственной практики в составе профессионального модуля. Экзамен квалификационный представляет собой форму независимой оценки результатов обучения с участием работодателей.

##### 1. Назначение

Экзамен квалификационный является формой промежуточной аттестации по профессиональному модулю ПМ.02 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ, проводится с целью проверки готовности обучающегося к выполнению вида деятельности: Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей. Спецификацией устанавливается состав оценочных средств, используемых при организации экзамена (квалификационного) по ПМ.02 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ.

**2. Время аттестации:** на проведение аттестации отводится 0,33 астрономического часа, на подготовку – 45 минут (1 акад. час).

**3. План варианта** (соотношение контрольных задач/вопросов с содержанием учебного материала в контексте характера действий аттестуемых) вариант задания состоит из трех вопросов.

##### 4. В результате оценки осуществляется проверка следующих объектов:

Объекты оценивания	Показатели	Критерии	Тип задания; № задания
ПК 2.1; ПК 2.2; ПК 2.3; ПК 2.4; ПК 2.5; ОК 1; ОК 2; ОК 3; ОК 4; ОК 5; ОК 6; ОК 7; ОК 8; ОК 9; ОК 10; ОК 11	- демонстрация знаний устройства оборудования электроустановок, условных графических обозначений элементов электрических схем; логику построения схем, типовых схемных решений, принципиальных схем эксплуатируемых электроустановок;	- необходимая техническая документация оформлена; - последовательность технологического процесса соблюдена - Практические работы сданы в полном объеме... - Деловая этика общения соблюдена...	Практические задания №1-30

	<p>- навыки чтения и составления электрических схем электрических подстанций в соответствии с действующими стандартами и инструкциями;</p> <p>- умение определять виды электрических схем;</p> <p>- владение видами и технологией обслуживания трансформаторов и преобразователей;</p> <p>- качество технического обслуживания трансформаторов и преобразователи электрической энергии ;</p> <p>- демонстрация знания устройства оборудования электроустановок; видов и технологий работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств;</p> <p>- качество обслуживания оборудования распределительных устройств электроустановок;</p> <p>- демонстрация знания устройства оборудования электроустановок; эксплуатационно-технических основ линий электропередачи, видов и технологий работ по их обслуживанию;</p> <p>- качество эксплуатации воздушных и кабельных линий электропередачи;</p> <p>- демонстрация знания основных положений правил технической эксплуата-</p>		
--	---	--	--

	<p><i>ции электроустановок; видов технологической и отчетной документации, порядка ее заполнения;</i></p> <p><i>- правильность применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов.</i></p>		
--	--	--	--

## **5. Варианты заданий для проведения экзамена квалификационного (привести все варианты)**

### **Вариант – 1**

1. Требования к персоналу, обслуживающему электроустановки.
2. Назначение и конструкция простой контактной подвески. Способы изменения прогиба простой контактной подвески в опорном узле.
3. Релейная защита силовых трансформаторов. Газовая защита: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

### **Вариант – 2**

1. Требования к электроустановкам, обеспечивающим электробезопасность персонала.
2. Основные виды цепных контактных подвесок, их устройство. Назначение и взаимосвязь друг с другом каждого элемента подвески.
3. Релейная защита линий электропередачи. Токовая отсечка: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

### **Вариант – 3**

1. Техническая документация электроустановок.
2. Основные отличительные признаки цепных контактных подвесок. Схема рессорной цепной контактной подвески с основными геометрическими параметрами.
3. Обеспечение селективности трехступенчатой дистанционной защиты линии электропередачи.

### **Вариант – 4**

1. Оперативное обслуживание электроустановок.
2. Расположение контактного провода и несущего троса на прямых и кривых участках пути при различных типах цепных контактных подвесок, основные параметры.
3. Релейная защита линий электропередачи. Максимальная токовая защита: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

### **Вариант – 5**

1. Осмотр электроустановок.

2. Основные свойства несущих тросов цепных контактных подвесок. Марки проводов, применяемых в качестве несущих тросов.
3. Релейная защита силовых трансформаторов. Максимальная токовая защита: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

#### **Вариант – 6**

1. Категории работ в отношении мер безопасности при производстве работ в электроустановках.
2. Условные обозначения многопроволочных проводов. Материал несущего троса и контактного провода. Провода, применяемые на электрифицированных линиях.
3. Релейная защита линий электропередачи. Токовая направленная защита: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

#### **Вариант – 7**

1. Условия производства работ в электроустановках.
2. Свойства материала для контактного провода. Маркировка контактного провода. Влияние легирующих элементов на его свойства.
3. Дистанционная защита линий электропередачи: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

#### **Вариант – 8**

1. Правила использования электрозащитных средств.
2. Марки проводов, применяемых для контактного провода. Форма сечения контактных проводов и её влияние на их свойства.
3. Релейная защита силовых трансформаторов. Токовая отсечка: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

#### **Вариант – 9**

1. Совмещение обязанностей лиц, ответственных за безопасность производства работ.
2. Провода для усиливающих, питающих и отсасывающих линий. Условия их применения на данных линиях.
3. Дифференциальная защита линий электропередачи: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

#### **Вариант – 10**

1. Виды организационных мероприятий.
2. Основные требования к изоляторам. Их классификация и маркировка.
3. Релейная защита силовых трансформаторов. Дифференциальная защита: назначение, схема, принцип действия, достоинства и недостатки.

#### **Вариант – 11**

1. Порядок выдачи и оформления наряда. Наряд на наблюдающего.
2. Основные требования, предъявляемые к арматуре контактной сети. Прочность соединения проводов.
3. Назначение и основные требования к устройствам АПВ. Работа схемы вторичной коммутации АПВ фидера 6-10 кВ при оперативном включении и автоматическом отключении.

#### **Вариант – 12**

1. Инструктаж производителю работ (наблюдающему).
2. Назначение электрических соединителей: поперечных, продольных и обводных.
3. Назначение и основные требования к устройствам АПВ. Работа схемы вторичной коммутации АПВ фидера 6-10 кВ при автоматическом повторном включении и оперативном отключении.

#### **Вариант – 13**

1. Выдача разрешения на подготовку рабочего места. Допуск к работе.
2. Назначения анкерных участков контактных подвесок и их сопряжений.
3. Состав автоматики КС переменного тока. Работа схемы вторичной коммутации автоматики фидера 27,5 кВ при оперативном включении и автоматическом отключении.

#### **Вариант – 14**

1. Инструктаж членам бригады, надзор во время работы, изменение состава бригады.
2. Назначение воздушных стрелок и образующих их элементов.
3. Состав автоматики КС переменного тока. Работа схемы вторичной коммутации автоматики фидера 27,5 кВ при автоматическом повторном включении и оперативном отключении.

#### **Вариант – 15**

1. Оформление перерывов в работе, перехода бригады на новое рабочее место, окончание работы.
2. Основные положения ветроустойчивости контактной сети.
3. Состав автоматики КС постоянного тока. Работа схемы вторичной коммутации автоматики фидера 3,3 кВ при автоматическом отключении и наличии КЗ в сети.

#### **Вариант – 16**

1. Выполнение работ по распоряжению. Выполнение работ в порядке текущей эксплуатации.
2. Назначение, типы и условные обозначения секционных разъединителей, применяемых в контактной сети.
3. Состав автоматики КС постоянного тока. Работа схемы вторичной коммутации автоматики фидера 3,3 кВ при автоматическом отключении и наличии перегрузки в сети.

#### **Вариант – 17**

1. Виды технических мероприятий.
2. Назначение дроссель-трансформаторов в рельсовой сети.
3. Автоматизация постов секционирования. Работа схемы вторичной коммутации автоматики при независимом, зависимом и мгновенном АПВ.

#### **Вариант – 18**

1. Производство отключений.
2. Посты секционирования, их схемы.

3. Автоматизация понижающих трансформаторов. Работа схемы вторичной коммутации автоматики при оперативном включении трансформатора Т1 и автоматическом отключении газовой защитой и ТО.

#### **Вариант – 19**

1. Вывешивание плакатов и ограждение места работы.
2. Правила составления планов (трассировки) контактной сети станции и перегона.
3. Автоматизация понижающих трансформаторов. Работа схемы вторичной коммутации автоматики при автоматическом включении резервного трансформатора и автоматическом отключении при срабатывании МТЗ.

#### **Вариант – 20**

1. Проверка отсутствия напряжения.
2. Назначение и конструкция фиксаторов. Принцип действия фиксаторов.
3. Автоматизация трансформаторов собственных нужд. Работа схемы вторичной коммутации автоматики при оперативном включении ТСН и автоматическом отключении ТСН.

#### **Вариант – 21**

1. Заземление отключенных токоведущих частей в электроустановках.
2. Классификация, устройство, назначение и область применения железобетонных опор контактной сети.
3. Автоматизация трансформаторов собственных нужд. Работа схемы вторичной коммутации автоматики при автоматическом включении резервного ТСН и оперативном отключении ТСН.

#### **Вариант – 22**

1. Работа с мегомметром. Работа с электроизмерительными клещами и измерительными штангами.
2. Основные требования по охране труда к персоналу, который будет обслуживать электроустановки.
3. Общие сведения об устройствах телемеханики, критерии их классификации.

#### **Вариант – 23**

1. Проведение испытаний оборудования и измерений. Испытания с подачей повышенным напряжением от постороннего источника.
2. Основные категории, на которые подразделяются работы на контактной сети в отношении мер безопасности.
3. Виды разделения сигнала при передаче.

#### **Вариант – 24**

1. Обслуживание измерительных приборов, устройств релейной защиты, вторичных цепей, устройств телемеханики.
2. Организация работ с полным снятием напряжения и заземлением на контактной сети в соответствии с требованиями по правилам техники безопасности.
3. Методы избирания объектов телемеханики.

#### **Вариант – 25**

1. Работы на коммутационных аппаратах.
2. Назначение и схема нейтральных вставок.
3. Методы синхронизации распределителей. Достоинства и недостатки.

**Вариант – 26**

1. Лица, ответственные за обеспечение безопасности работ в электроустановках и их классификация.
2. Основные свойства несущих тросов цепных контактных подвесок. Марки проводов, применяемых в качестве несущих тросов.
3. Состав и принцип работы передающего и приёмного полукомплекта ТИ.

**Вариант – 27**

1. В каких случаях наряд выдаётся на наблюдающего. Обязанности наблюдающего.
2. Назначение и схемы не изолирующих сопряжений.
3. Работа передающего и приёмного устройства ТС по формированию и декодированию кодовых серий ТС с использованием их структурных схем.

**Вариант – 28**

1. Допуск к работе.
2. Назначение и схемы изолирующих сопряжений.
3. Работа передающего и приёмного устройства ТУ по формированию и декодированию кодовых серий ТУ с использованием их структурной схемы.

**Вариант – 29**

1. Выполнение работы в порядке текущей эксплуатации.
2. Назначение и типы секционных изоляторов.
3. Техническое обслуживание и текущий ремонт устройств автоматики и телемеханики. (Профилактический контроль).

**Вариант – 30**

1. Работа с электроизмерительными клещами и измерительными штангами.
2. Принцип питания и секционирования контактной сети.
3. Техническое обслуживание и текущий ремонт устройств автоматики и телемеханики. (Профилактическое восстановление с частичной проверкой).



## Приложение 1.

### Методические указания по проведению практических (лабораторных) занятий по междисциплинарному курсу МДК.02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций

#### Инструкционная карта практического занятия №1

**Тема занятия:** Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением выше 1000В для опорной подстанции (в максимальном и минимальном режиме)

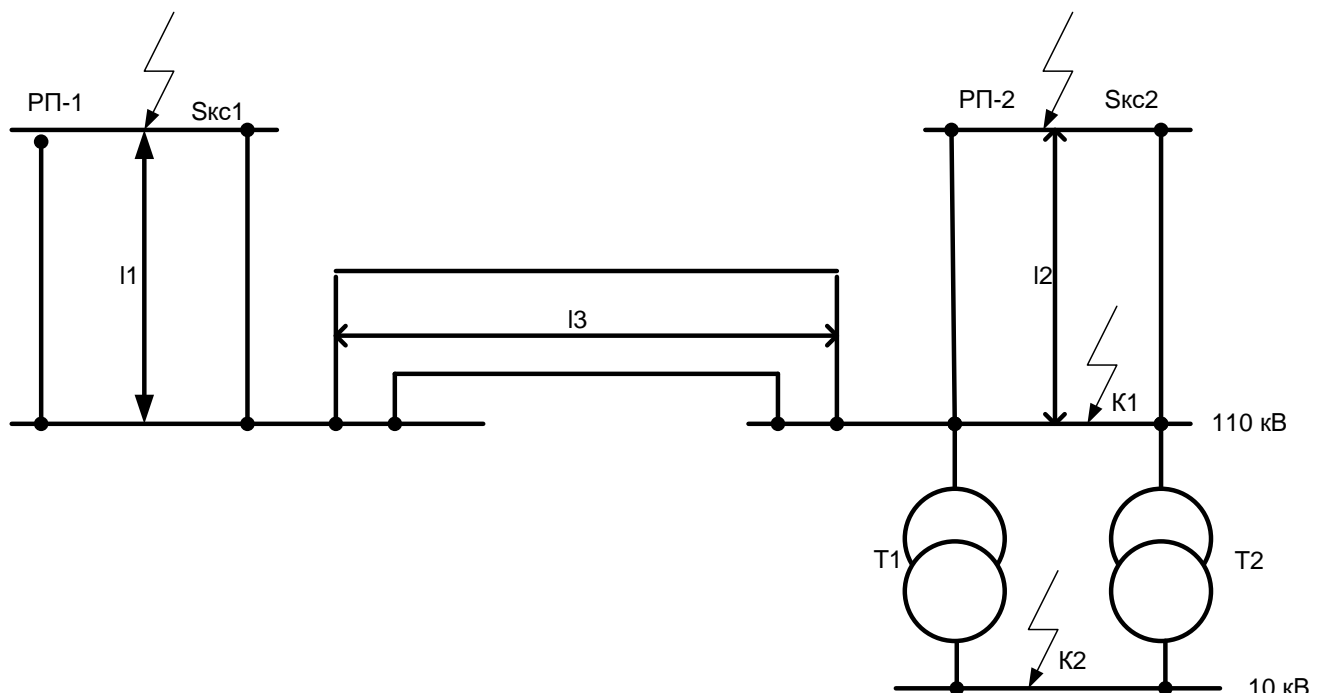
**Цель занятия:** научиться рассчитывать токи КЗ методом относительных единиц для опорной подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:** переходные процессы при коротких замыканиях в системах переменного тока; расчет токов КЗ методом относительных единиц

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с., методическое пособие

#### Ход работы

1. Рассчитать относительные результирующие сопротивления  $X_{\text{бк1}}^*$  и  $X_{\text{бк2}}^*$ , токи и мощность короткого замыкания в точках К1 и К2 расчетной схемы ( $I_{\text{к1}}$ ,  $I_{\text{к2}}$ ,  $i_{\text{ук1}}$ ,  $i_{\text{к2}}$ ,  $I_{\text{ук1}}$ ,  $I_{\text{ук2}}$ ,  $S_{\text{к1}}$ ,  $S_{\text{к2}}$ ). Активные сопротивления не учитываются. Номинальное напряжение всех элементов считать равным средним напряжениям соответствующих ступеней, указанных на рисунке 1. Исходные данные приведены в таблице 1 ( $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ ).



## Рисунок 1- Расчетная схема

Таблица 1 - Расчетные данные

Исходные данные			Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические данные трансформаторов подстанций	T1,	S <sub>н</sub> МВА	10	16	20	25	32	40	16	10	20	25
	T2		10,5	11	17	10	12	10,5	11	10	17	12
		U <sub>к</sub> %										
Мощность короткого замыкания системы	S <sub>кз1</sub> МВА		500	700	1000	800	600	900	400	600	800	1000
	S <sub>кз2</sub> МВА		400	500	700	600	900	1000	600	500	700	800
Длина линии в километрах	L1		70	65	60	50	55	45	80	85	90	95
	L2		80	75	70	65	90	95	100	95	85	75
	L3		100	95	90	85	80	75	70	65	80	90

2. По расчетной схеме составить эквивалентную схему замещения цепи К.З., замещая действительные элементы схемы их сопротивлениями.

3. Рассчитать относительные сопротивления элементов цепи К.З.,  $X_{*б.с.}$ ,  $X_{*б.л.}$ ,  $X_{*б.т.}$ , Ом, указанных на схеме замещения, используя формулы (1),(2),(3)

$$X = \frac{S_б}{S_{кз}}, \quad (1)$$

где  $X_{*б.с.}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$S_б$  - базисная мощность,  $S_б=100$ МВА;

$S_{кз}$  - мощность К.З. схемы, МВА.

$$X = X_0 \times l \times \frac{S_б}{U_{ср}^2}, \quad (2)$$

где  $X_{*б.л.}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$l$  - длина линии, км;

$X_0$  - удельное сопротивление линии, Ом/км;

$U_{ср}$  - среднее напряжение линии

$$X = \frac{U_{кв-с}}{100} \times \frac{S_б}{S_{ном}}, \quad (3)$$

где  $u_k$  - напряжение К.З. трансформатора, %;

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора, МВА;

$X_{*б.т.}$  - относительное базисное сопротивление трансформатора.

4. Упростить схему замещения до результирующего относительного сопротивления цепи К.З.  $X_{*бк1}$  и  $X_{*бк2}$ , преобразуя ее в соответствии правилами электротехники

5. Рассчитать токи и мощность КЗ. в точках К1 и К2 в следующей последовательности:

5.1 Определить базисный ток,  $I_б$ , А, по формуле (4)

$$I_{бк} = \frac{S_б}{\sqrt{3}U_б}, \quad (4)$$

где  $I_б$ - базисный ток, кА;

$U_б$ - базисное напряжение для данной точки КЗ., кВ.

5.2 Определить действующие значение тока КЗ.,  $I_к$ , А, для каждой точки К1 и К2 по формуле (5)

$$I_к = \frac{I_б}{X*_{бк1}}, \quad (5)$$

где  $I_к$ - установившийся ток КЗ в расчетной точке;

$X*_{бк1}$  - относительное базисное сопротивление цепи КЗ до расчетной точки.

5.3 Определить ударный ток в расчетных точках КЗ,  $i_y, I_y$ , кА, по формулам (6), (7)

$$i_y = 2,55 \times I_к, \quad (6)$$

$$I_y = 1,52 \times I_к, \quad (7)$$

где  $i_y$ - мгновенное значение ударного тока;

$I_y$ - действующее значение ударного тока.

5.4 Определить мощность КЗ,  $S_к$ , МВА, в расчетных точках К1 и К2 по формуле (8)

$$S_к = \frac{S_б}{X*_{бк1}}, \quad (8)$$

где  $S_к$ - мощность в расчетной точке, МВА.

6. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды коротких замыканий?
2. Чем отличается замыкание на землю в системе с заземленной нейтралью от замыкания в системе с изолированной нейтралью?
3. Что такое мгновенное значение ударного тока?
4. Что такое базисное или среднее значение напряжения электроустановки?
5. В каких единицах измеряется относительное сопротивление?

**Тема занятия:** Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением выше 1000В для транзитной подстанции (в максимальном и минимальном режиме).

**Цель занятия:** научиться рассчитывать токи КЗ методом относительных единиц для проходной подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:** переходные процессы при коротких замыканиях в системах переменного тока; расчет токов КЗ методом относительных единиц

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Определить относительное результирующее сопротивление  $X_{*бк1}$  и  $X_{*бк2}$ , токи и мощность короткого замыкания в точках  $K_1$  и  $K_2$  расчетной схемы ( $I_{к1}$ ,  $I_{к2}$ ;  $i_{y к1}$ ,  $i_{y к2}$ ,  $I_{y к1}$ ,  $I_{y к2}$ ;  $S_{к1}$ ,  $S_{к2}$ ). Активные сопротивления не учитывать. Номинальные напряжения всех элементов считать равным средним напряжениям соответствующих ступеням, указанным на расчетной схеме. Исходные данные приведены в таблице 1 ( $X_0 = 0,4$  Ом/км)

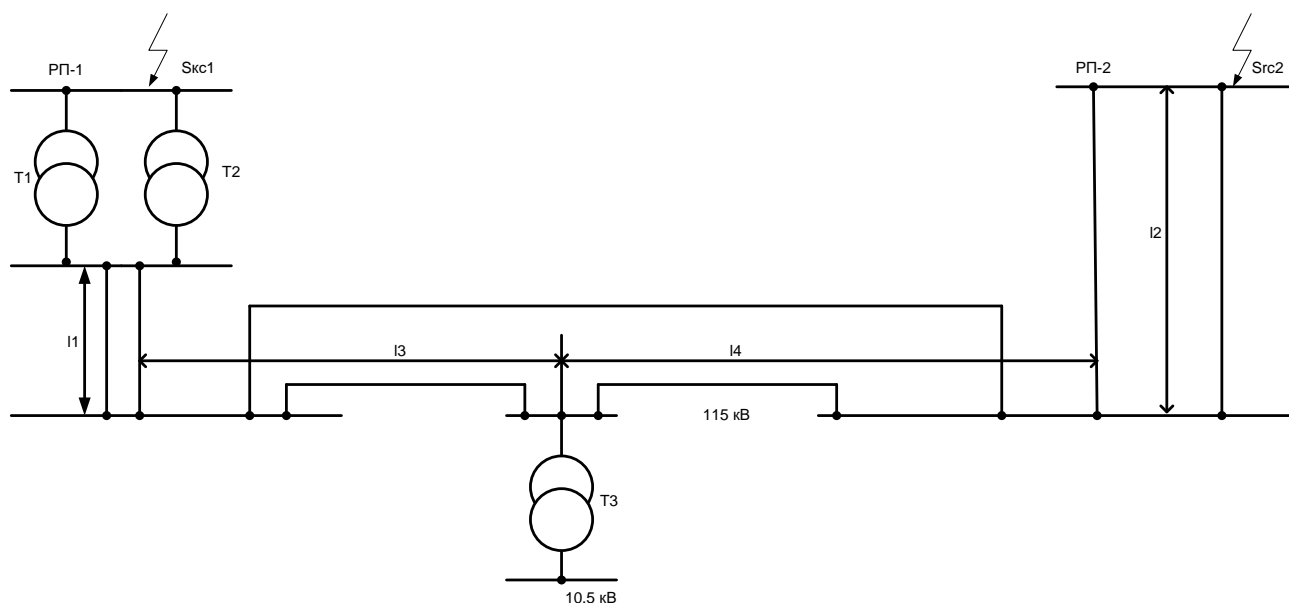


Рисунок 1- Расчетная схема

Таблица 1 Расчетные данные

Исходные данные			Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические данные трансформатор ов подстанций	Т1	S <sub>н</sub> , МВА	40	50	50	63	63	63	100	100	100	100
		U <sub>к</sub> , %	10,5	10,4	10,4	10	10	10	10	10	10	10
	Т2	S <sub>н</sub> , МВА	40	40	50	50	63	40	63	100	50	40
		U <sub>к</sub> , %	10,5	10,5	10,4	10,4	10	10,5	10	10	10,4	10,5
	Т3	S <sub>н</sub> , МВА	25	16	10	6,3	25	10	16	25	6,3	16
		U <sub>к</sub> , %	10,5	11	11	14	10,5	11	11	10,5	14	11
Мощность короткого замыкания системы		S <sub>кк1</sub> ,	500	400	300	600	700	800	900	1000	800	900
		S <sub>кк2</sub> , МВА	700	600	500	400	500	600	700	800	500	600
Длина линии в километрах		11	20	15	10	25	30	35	40	45	50	55
		12	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
		13	100	90	85	80	75	70	65	60	55	50
		14	55	50	45	40	35	30	25	10	15	20

2. По расчетной схеме составить эквивалентную схему замещения цепи К.З., замещая действительные элементы схемы их сопротивлениями.

3. Рассчитать относительные сопротивления элементов цепи К.З., X\*б.с, X\*бл, X\*бт, Ом, указанных на схеме замещения, используя формулы (1),(2),(3)

$$X_{*б.с.} = \frac{S_б}{S_{кк}}, \quad (1)$$

где X\*б.с. - относительное базисное сопротивление линии;

S<sub>б</sub> - базисная мощность, S<sub>б</sub>=100МВА;

S<sub>кк</sub> - мощность К.З. схемы, МВА.

$$X_{*бл} = X_{ол} \times \frac{S_б}{U_{ср}^2}, \quad (2)$$

где X\*бл - относительное базисное сопротивление линии;

l - длина линии, км;

X<sub>о</sub> - удельное сопротивление линии, Ом/км;

U<sub>ср</sub> - среднее напряжение линии.

$$X_{*бт} = \frac{u_k}{100} \times \frac{S_б}{S_{н.т.}}, \quad (3)$$

где u<sub>к</sub> - напряжение К.З. трансформатора, %;

S<sub>н.т.</sub> - номинальная мощность трансформатора, МВА;

X\*бт - относительное базисное сопротивление трансформатора.

4. Упростить схему замещения до результирующего относительного сопротивления цепи КЗ.  $X^*_{бк1}$  и  $X^*_{бк2}$ , преобразуя ее в соответствии правилами электротехники.

5. Рассчитать токи и мощность КЗ. в точках К1 и К2 в следующей последовательности:

5.1 Определить базисный ток,  $I_б$ , А, по формуле (4)

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{2}U_б}, \quad (4)$$

где  $I_б$ - базисный ток, кА;

$U_б$ - базисное напряжение для данной точки КЗ., кВ.

5.2 Определить действующее значение тока КЗ.,  $I_к$ , А, для каждой точки К1 и К2 по формуле (5)

$$I_к = \frac{I_б}{X^*_{бк1}}, \quad (5)$$

где  $I_к$ - установившийся ток КЗ в расчетной точке;

$X^*_{бк1}$  - относительное базисное сопротивление цепи КЗ до расчетной точки.

5.3 Определить ударный ток в расчетных точках КЗ,  $i_y, I_y$ , кА, по формулам (6), (7)

$$i_y = 2,55 \times I_к, \quad (6)$$

$$I_y = 1,52 \times I_к, \quad (7)$$

где  $i_y$ - мгновенное значение ударного тока;

$I_y$ - действующее значение ударного тока.

5.4 Определить мощность КЗ,  $S_к$ , МВА, в расчетных точках К1 и К2 по формуле (8)

$$S_к = \frac{S_б}{X^*_{бк1}}, \quad (8)$$

где  $S_к$ - мощность в расчетной точке, МВА.

6. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды коротких замыканий?
2. Чем отличается замыкание на землю в системе с заземленной нейтралью от замыкания в системе с изолированной нейтралью?
3. Что такое мгновенное значение ударного тока?
4. Что такое базисное или среднее значение напряжения электроустановки?
5. В каких единицах измеряется относительное сопротивление?

## Инструкционная карта практического занятия №3

**Тема занятия:** Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением выше 1000В для отпаечной подстанции (в максимальном и минимальном режиме)

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать токи КЗ методом относительных единиц для отпаечных подстанций

**Для выполнения работы студент должен знать:** Переходные процессы при коротких замыканиях в системах переменного тока; расчет токов КЗ методом относительных единиц

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Рассчитать относительные результирующие сопротивления  $X_{\text{БК1}}^*$  и  $X_{\text{БК2}}^*$ , токи и мощность короткого замыкания в точках К1 и К2 расчетной схемы ( $I_{\text{К1}}$ ,  $I_{\text{К2}}$ ,  $i_{\text{УК1}}$ ,  $i_{\text{К2}}$ ,  $I_{\text{УК1}}$ ,  $I_{\text{УК2}}$ ,  $S_{\text{К1}}$ ,  $S_{\text{К2}}$ ). Активные сопротивления не учитываются. Номинальное напряжение всех элементов считать равным средним напряжениям соответствующих ступеней, указанных на схеме. Исходные данные приведены в таблице 1 ( $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ ).

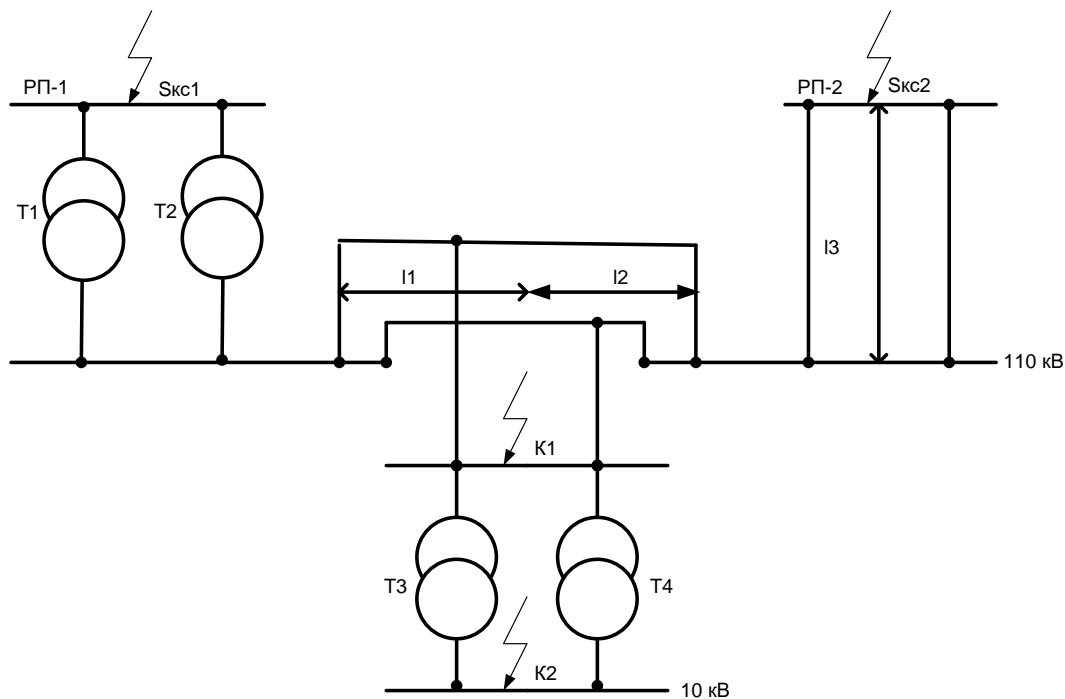


Рисунок 1- Расчетная схема

Таблица 1 Расчетные данные

Исходные данные			Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические данные трансформаторов подстанции	Т1	$S_{НМБА}$	100	100	100	100	63	63	63	50	50	40
		$U_{К\%}$	10	10	10	10	10	10	10	10,4	10,4	10,5
	Т2	$S_{НМБА}$	40	50	100	63	40	63	50	50	40	40
		$U_{К\%}$	10,5	10,4	10	10	10,5	10	10,4	10,4	10,5	10,5
	Т3, Т4	$S_{НМБА}$	25	16	10	6,3	20	16	10	6,3	25	20
		$U_{К\%}$	11	10,5	10,4	10	11	10,5	10,4	10	17	12
Мощность короткого замыкания системы	$S_{кз1МВА}$		1000	900	800	700	600	700	900	800	700	600
	$S_{кз2МВА}$		900	800	1000	900	800	700	600	500	400	500
Длина линии в километрах	L1		30	35	40	45	50	55	50	45	60	50
	L2		60	65	70	75	80	75	85	90	70	65
	L3		50	40	55	60	65	60	50	45	55	60

2. По расчетной схеме составить эквивалентную схему замещения цепи К.З., замещая действительные элементы схемы их сопротивлениями.

3. Рассчитать относительные сопротивления элементов цепи К.З.,  $X_{*б.с.}$ ,  $X_{*бл.}$ ,  $X_{*бт.}$ , Ом, указанных на схеме замещения, используя формулы (1),(2),(3)

$$X_{*б.с.} = \frac{S_б}{S_{кз}}, \quad (1)$$

где  $X_{*б.с.}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$S_б$  - базисная мощность,  $S_б=100МВА$ ;

$S_{кз}$  - мощность К.З. схемы, МВА.

$$X_{*бл} = X_0 l \times \frac{S_б}{U_{ср}^2}, \quad (2)$$

где  $X_{*бл}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$l$  - длина линии, км;

$X_0$  - удельное сопротивление линии, Ом/км;

$U_{ср}$  - среднее напряжение линии.

$$X_{*бт} = \frac{u_k}{100} \times \frac{S_б}{S_{н.т.}}, \quad (3)$$

где  $u_k$  - напряжение К.З. трансформатора, %;



$S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора, МВА;  
 $X_{*бт}$  - относительное базисное сопротивление трансформатора.

4. Упростить схему замещения до результирующего относительного сопротивления цепи К.З.  $X_{*бк1}$  и  $X_{*бк2}$ , преобразуя ее в соответствии правилами электротехники.

5. Рассчитать токи и мощность К.З. в точках К1 и К2 в следующей последовательности:

5.1 Определить базисный ток,  $I_б$ , А, по формуле (4)

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{2}U_б}, \quad (4)$$

где  $I_б$  - базисный ток, кА;

$U_б$  - базисное напряжение для данной точки К.З., кВ.

5.2 Определить действующие значение тока К.З.,  $I_к$ , А, для каждой точки К1 и К2 по формуле (5)

$$I_к = \frac{I_б}{X_{*бк1}}, \quad (5)$$

где  $I_к$  - установившийся ток КЗ в расчетной точке;

$X_{*бк1}$  - относительное базисное сопротивление цепи КЗ до расчетной точки.

5.3 Определить ударный ток в расчетных точках КЗ,  $i_y, I_y$ , кА, по формулам (6), (7)

$$i_y = 2,55 \times I_к, \quad (6)$$

$$I_y = 1,52 \times I_к, \quad (7)$$

где  $i_y$  - мгновенное значение ударного тока;

$I_y$  - действующее значение ударного тока.

5.4 Определить мощность КЗ,  $S_к$ , МВА, в расчетных точках К1 и К2 по формуле (8)

$$S_к = \frac{S_б}{X_{*бк1}}, \quad (8)$$

где  $S_к$  - мощность в расчетной точке, МВА.

6. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды коротких замыканий?
2. Чем отличается замыкание на землю в системе с заземленной нейтралью от замыкания в системе с изолированной нейтралью?
3. Что такое мгновенное значение ударного тока?
4. Что такое базисное или среднее значение напряжения электроустановки?  
В каких единицах измеряется относительное сопротивление?



## Инструкционная карта практического занятия №4

**Тема занятия:** Расчет токов КЗ в электроустановках напряжением выше 1000В для концевой подстанции

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать токи КЗ методом относительных единиц для опорной подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:** Переходные процессы при коротких замыканиях в системах переменного тока; расчет токов КЗ методом относительных единиц

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Определить относительные результирующие сопротивления  $X_{\text{бк1}}^*$  и  $X_{\text{бк2}}^*$ , токи и мощность короткого замыкания в точках К1 и К2 расчетной схемы ( $I_{\text{к1}}$ ,  $I_{\text{к2}}$ ,  $i_{\text{ук1}}$ ,  $i_{\text{ук2}}$ ,  $I_{\text{ук1}}$ ,  $I_{\text{ук2}}$ ,  $S_{\text{к1}}$ ,  $S_{\text{к2}}$ ). Активные сопротивления не учитываются. Номинальное напряжение всех элементов считать равным средним напряжениям соответствующих ступеней, указанных на схеме. Исходные данные приведены в таблице 1 ( $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ ).

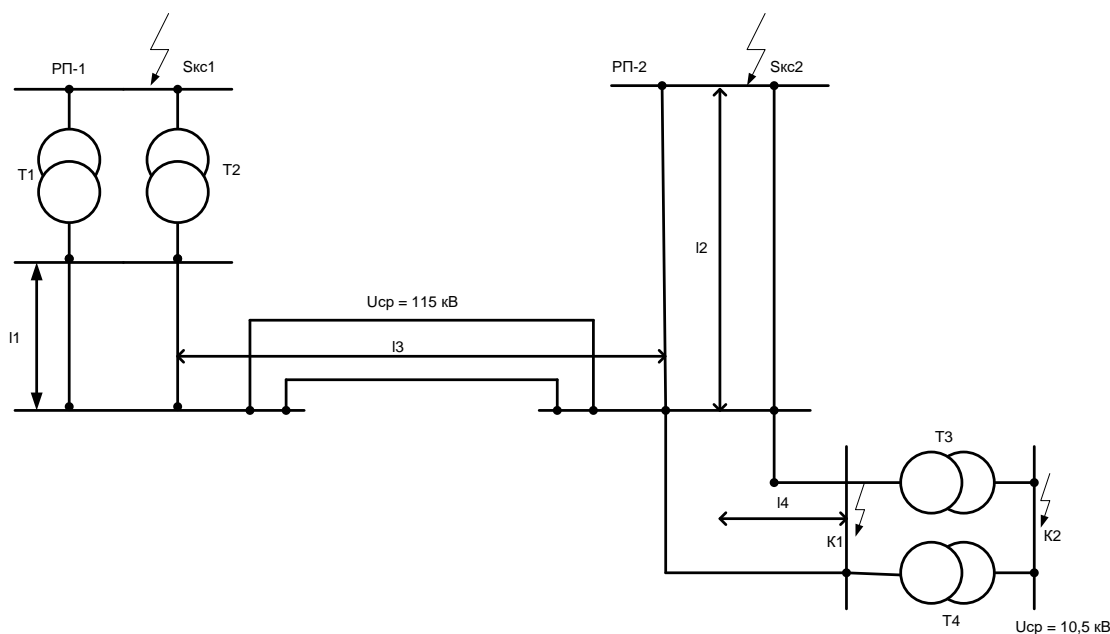


Рисунок 1- Расчетная схема

Таблица 1 Расчетные данные

Исходные данные			Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические данные трансформаторов подстанции	Т1	$S_{НМ\ BA}$	40	50	63	100	50	63	100	40	63	100
		$U_{к\%}$	10	10,5	11	17	10	10,5	11	10	11	17
	Т2	$S_{НМ\ BA}$	63	40	100	63	50	50	63	50	100	50
		$U_{к\%}$	11	10	10,5	11	10,5	10	17	11	10,5	10
	Т3	$S_{НМ\ BA}$	16	10	6,3	25	10	16	6,3	25	10	16
		$U_{к\%}$	17	10	10,5	11	10,5	11	10	10,5	11	10,5
	Т4	$S_{НМ\ BA}$	16	10	6,3	25	10	16	6,3	25	10	16
		$U_{к\%}$	17	10	10,5	11	10,5	11	10	10,5	11	10,5
	Мощность короткого замыкания системы	$S_{кз1\ MVA}$	400	500	800	1000	450	500	600	700	800	900
		$S_{кз2\ MVA}$	600	500	700	900	600	450	800	600	500	750
	Длина линии в километрах	L1	30	40	20	25	35	20	25	30	35	40
		L2	40	50	60	45	55	30	35	40	45	50
L3		80	70	75	85	90	95	100	85	90	95	
L4		60	65	70	75	80	55	60	65	70	75	

2. По расчетной схеме составить эквивалентную схему замещения цепи К.З., замещая действительные элементы схемы их сопротивлениями.

3. Рассчитать относительные сопротивления элементов цепи К.З.,  $X_{*б.с.}$ ,  $X_{*бл.}$ ,  $X_{*бт.}$ , Ом, указанных на схеме замещения, используя формулы (1),(2),(3)

$$X_{*б.с.} = \frac{S_{б.}}{S_{кз}}, \quad (1)$$

где  $X_{*б.с.}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$S_{б.}$  - базисная мощность,  $S_{б.}=100\text{MVA}$ ;

$S_{кз}$  - мощность К.З. схемы, MVA.

$$X_{*бл.} = X_{ол} \times \frac{S_{б.}}{U_{ср}^2}, \quad (2)$$

где  $X_{*бл.}$  - относительное базисное сопротивление линии;

$l$  - длина линии, км;

$X_{о}$  - удельное сопротивление линии, Ом/км;

$U_{ср}$  - среднее напряжение линии.

$$X_{*бт} = \frac{u_k}{100} \times \frac{S_б}{S_{н.т.}}, \quad (3)$$

где  $u_k$  - напряжение К.З. трансформатора, %;

$S_{н.т.}$  - номинальная мощность трансформатора, МВА;

$X_{*бт}$  - относительное базисное сопротивление трансформатора.

4. Упростить схему замещения до результирующего относительного сопротивления цепи К.З.  $X_{*бк1}$  и  $X_{*бк2}$ , преобразуя ее в соответствии правилами электротехники.

5. Рассчитать токи и мощность К.З. в точках К1 и К2 в следующей последовательности:

5.1 Определить базисный ток,  $I_б$ , А, по формуле (4)

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{2}U_б}, \quad (4)$$

где  $I_б$  - базисный ток, кА;

$U_б$  - базисное напряжение для данной точки К.З., кВ.

5.2 Определить действующие значение тока К.З.,  $I_k$ , А, для каждой точки К1 и К2 по формуле (5)

$$I_k = \frac{I_б}{X_{*бк1}}, \quad (5)$$

где  $I_k$  - установившийся ток КЗ в расчетной точке;

$X_{*бк1}$  - относительное базисное сопротивление цепи КЗ до расчетной точки.

5.3 Определить ударный ток в расчетных точках КЗ,  $i_y, I_y$ , кА, по формулам (6), (7)

$$i_y = 2,55 \times I_k, \quad (6)$$

$$I_y = 1,52 \times I_k, \quad (7)$$

где  $i_y$  - мгновенное значение ударного тока;

$I_y$  - действующие значение ударного тока.

5.4 Определить мощность КЗ,  $S_k$ , МВА, в расчетных точках К1 и К2 по формуле (8)

$$S_k = \frac{S_б}{X_{*бк1}}, \quad (8)$$

где  $S_k$  - мощность в расчетной точке, МВА.

6. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды коротких замыканий?
2. Чем отличается замыкание на землю в системе с заземленной нейтралью от замыкания в системе с изолированной нейтралью?
3. Что такое мгновенное значение ударного тока?
4. Что такое базисное или среднее значение напряжения электроустановки?

5. В каких единицах измеряется относительное сопротивление?

### Инструкционная карта практического занятия №5

**Тема занятия:** Расчет тока КЗ методом именованных единиц

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать токи КЗ методом именованных единиц

**Для выполнения практического занятия студент должен знать:** Расчет токов КЗ методом именованных единиц

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Рассчитать установившийся ток трехфазного короткого замыкания и ударный ток в точке К расчетной схемы. Расчетная схема приводится на рисунке 1. Все параметры расчетной схемы, необходимые для расчета активных и индуктивных сопротивлений элементов в цепи КЗ, приводятся в таблице 1

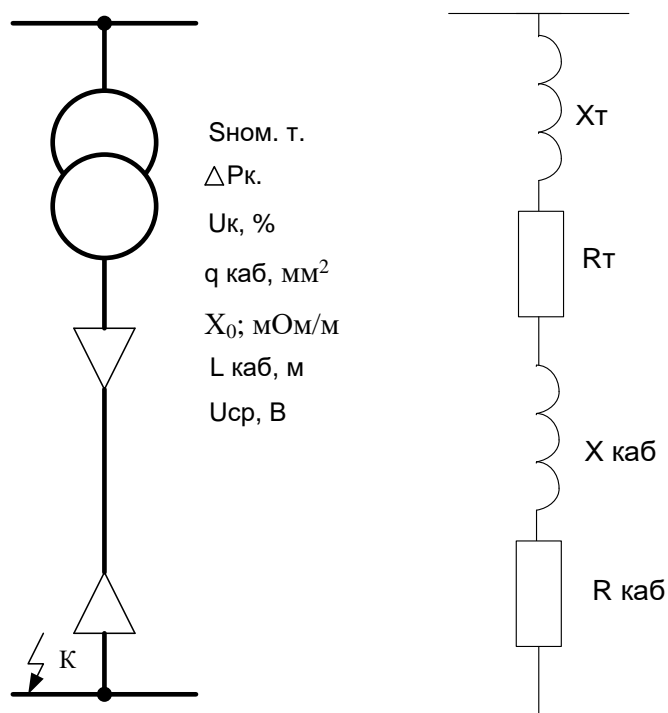


Рисунок 1 Расчетная схема

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная мощность трансформатора, кВА	25	40	63	100	160	250	250	400	400	630
Активные потери в трансформаторе, кВт	0,6	0,88	1,28	1,97	2,65	3,7	3,7	5,5	5,5	7,6
Напряжение КЗ трансформатора, %	4,5	4,5	4,5	6,5	4,5	6,5	4,5	4,5	6,5	5,5
Материал жил кабеля	М	А	М	М	А	М	А	М	А	М
Сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup>	33	50	50	70	150	185	240	240	300	300
Длина кабеля, м	50	60	55	65	70	50	60	70	65	75
Удельное индуктивное сопротивление кабеля	$X_0 = 0,07 \text{ мОм/м}$									
Среднее напряжение в точке КЗ К	$U_{\text{ср.}} = 400 \text{ В}$									

2. Составить расчетную схему по рисунку 1

3. По расчетной схеме составить эквивалентную схему замещения по рисунку 2

4. Определить активные и индуктивные сопротивления элементов схемы замещения

4.1 Активное сопротивление трансформатора,  $R_T$ , Ом, рассчитывается по формуле (1)

$$R_T = \frac{\Delta P_K \times U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{НОМ Т}}^2}, \quad (1)$$

где  $\Delta P_K$  - активные потери в трансформаторе, кВт;

$U_{\text{ср}}$  - среднее напряжение, В;

$S_{\text{НОМ Т}}$  - номинальная мощность трансформатора, кВА;

$R_T$  - активное сопротивление трансформатора, мОм.

4.2 Полное сопротивление трансформатора,  $Z_T$ , мОм, рассчитывается по формуле (2)

$$Z_T = \frac{u_k}{100} \times \frac{U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{НОМ Т}}}, \quad (2)$$

где  $u_k$  - напряжение КЗ трансформатора в %;

$Z_T$  - полное сопротивление трансформатора, мОм.

4.3 Индуктивное сопротивление трансформатора,  $X_T$ , мОм, рассчитывается по формуле (3)

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 + R_T^2}, \quad (3)$$

4.4 Активное сопротивление кабеля,  $R_{\text{каб}}$ , МОм, рассчитывается по формуле (4)

$$R_{\text{каб}} = R_0 \times l_{\text{каб}}, \quad (4)$$

где  $R_0 = \frac{1000}{\gamma q_{\text{каб}}}$  – активное удельное сопротивление фазы кабеля, МОм/м;

$\gamma$  – удельная проводимость материала фазы кабеля, МОм\*мм<sup>2</sup>

$\gamma_{\text{м}} = 53$  МСм/м – для меди;

$\gamma_{\text{а}} = 32$  МСм/м – для алюминия.

$l_{\text{каб}}$  – длина кабеля, м.

4.5 Индуктивное сопротивление кабеля,  $X_{\text{каб}}$ , МОм, рассчитывается по формуле (5)

$$X_{\text{каб}} = X_0 \times l_{\text{каб}}, \quad (5)$$

где  $X_0$  – индуктивное удельное сопротивление фазы кабеля.

Результаты расчетов занести на схему замещения

4.6 Расчет суммарного сопротивления, МОм, рассчитывается по формулам (6),(7),(8)

$$R_{\Sigma} = R_{\text{т}} + R_{\text{каб}}, \quad (6)$$

$$X_{\Sigma} = X_{\text{т}} + X_{\text{каб}}, \quad (7)$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}, \quad (8)$$

## 5. Расчет токов КЗ

Действующее значение тока,  $I_k$ , кА, рассчитывается по формуле (9)

$$I_k = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{2} Z_{\Sigma}}, \quad (9)$$

Ударный ток КЗ,  $i_y$ , кА, рассчитывается по формуле (10)

$$i_y = K_y \sqrt{2} I_k, \quad (10)$$

где  $K_y = 1 - e^{-\frac{0,01}{T_a}}$  – ударный коэффициент;

$e = 2,72$  – постоянная величина затухания аperiodической составляющей тока КЗ;

$$T_a = \frac{X_{\Sigma}}{3,14 R_{\Sigma}}.$$

6. Сделать вывод о проделанной работе

## Контрольные вопросы

1. В каких единицах выражаются расчетные параметры?
2. Назовите порядок расчета токов КЗ методом именованных единиц?
3. Что такое  $u_k$  для трансформатора?
4. Что выражает ударный коэффициент при определении ударного тока?
5. Что такое ударный ток?



## Инструкционная карта практического занятия №6

**Тема занятия:** Проверка токоведущих частей на электродинамическую стойкость

**Цель занятия:** Научиться проверять сборные шины распределительных устройств на электродинамическую и термическую стойкость, пользоваться справочной литературой

**Для выполнения работы студент должен знать:** Электродинамическое и термическое действие токов КЗ на токоведущие части и порядок их проверки на электродинамическую и термическую стойкость

**Оборудование:** В.И.Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Произвести проверку шин прямоугольного сечения, закрепленных на опорных изоляторах на электродинамическую и термическую стойкость. Исходные данные приведены в таблице. Допустимое напряжение при изгибе принимают для медных шин 170 Мпа, алюминиевых – 80Мпа. Температура окружающей среды  $t_{oc} = +25^{\circ}C$ ;  $t_{доп} = 70^{\circ}C$  - допустимая температура. Значение коэффициента С принять равным 0,171 – для меди и 0,088 – для алюминия.

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип шин	А 30*4	М 25*3	А 40*4	М 30*4	А 40*5	М 40*4	А 50*5	М 40*5	А 50*6	М 50*5
Расстояние между опорными изоляторами, м	1	1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,25	1,25	1,3	1,3
Расстояние между фазами, м	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,3	0,3
Длительно допустимый ток, А	365	350	480	485	540	550	665	670	740	780
Ток рабочего режима, А	200	200	350	350	400	400	500	500	600	600
Ток трехфазного КЗ, кА	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
Ударный ток КЗ, кА	10	10	12	12	15	15	17	17	20	20
Время отключения КЗ, с	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	1	1

2. Проверка сборных шин на электродинамическую стойкость

2.1 Усилие, действующее на шину по длине пролета,  $F$ , рассчитывается по формуле (1)

$$F = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-1}, \quad (1)$$

где  $i_y^2$  - ударный ток КЗ, кА;

$l$  - расстояние между опорными изоляторами, м;

$a$  - расстояние между фазами, м.

2.2 Изгибающий момент,  $M$ , рассчитывается по формуле (2)

$$M = \frac{Fl}{10}, \quad (2)$$

где  $F$  - усилие действующие на шину по длине пролета, Н;

2.3 Момент сопротивления шин,  $W_p$ ,  $W_p, \text{м}^3$ , рассчитываются по формулам (3), (4)

$$\text{на ребро } W_p = \frac{b^2 h}{6} \times 10^{-9}, \quad (3)$$

$$\text{плашмя } W_p = \frac{h^2 b}{6} \times 10^{-9}, \quad (4)$$

где  $h$  - высота шины, мм;

$b$  - толщина шины, мм.

2.4 Расчетное напряжение в металле шин,  $G_{\text{расч}}$ , МПа рассчитывается по формуле (5)

$$G_{\text{расч}} = \frac{M}{W} \cdot 10^{-6}, \quad (5)$$

Условием электродинамической стойкости является

$$G_{\text{расч}} \leq G_{\text{доп}}$$

3. Проверка сборных шин на термическую стойкость

3.1 Проверка сборных шин графическим методом

3.1.1 Начальная температура шин в режиме КЗ, °С, определяется по формуле (6)

$$\tau_n = \tau_{\text{ос}} + (\tau_{\text{доп}} - \tau_{\text{ос}}) \frac{I_{\text{раб}}^2}{I_{\text{доп}}^2}, \quad (6)$$

3.1.2 Тепловой импульс определяется по формуле,  $V_k$ ,  $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$ , определяется по формуле (7)

$$V_k = I_k^2 (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (7)$$

где  $I_k$  - установившийся ток трехфазного короткого замыкания, кА;

$t_{\text{откл}}$  - время отключения КЗ, с;

$T_a = 0,05 \text{с}$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ

3.1.3 По кривым диаграммы определяем величину  $A\tau_n$ , соответствующую начальной температуре  $\tau_n$  и материалу шин

3.1.4 Определить величину,  $A\tau_k$ , соответствующую конечной температуре  $\tau_k$  по формуле (8)

$$A\tau_k = \frac{V_k}{q^2} + A\tau_n, \quad (8)$$

3.1.5 По кривым диаграммы определить конечную температур  $\tau_k$ , соответствующую величине  $A\tau_k$  и сравниваем ее с  $\tau_{\text{макс}}$  по условию

$$\tau_k \leq \tau_{\text{макс}}$$

### 3.2 Проверка сборных шин по минимальному сечению

3.2.1 Определить тепловой импульс,  $W_k$ ,  $\text{kA}^2 \cdot \text{C}$ , по формуле (9)

$$W_k = I_k^2 (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (9)$$

3.2.2 Рассчитать минимальное сечение,  $q_{\text{min}}$ ,  $\text{мм}^2$ , по формуле (10)

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{W_k}}{C}, \quad (10)$$

где  $C$  - коэффициент, значение которого приведено в задании  
Условие термической стойкости

$$q \geq q_{\text{min}}$$

4. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Что такое электродинамическая стойкость токоведущих частей?
2. Что такое термическая стойкость токоведущих частей?
3. Объясните расположение шин на ребро и плашмя
4. Что такое момент сопротивления шин, от чего он зависит?
5. Назовите условие электродинамической стойкости?
6. Что такое  $\tau_{\text{доп}}$  (допустимая температура) и чему она равняется?
7. Что такое  $\tau_{\text{макс}}$  и чему она равняется?
8. Что такое  $q_{\text{min}}$ ?

## **Инструкционная карта практического занятия №7**

**Тема занятия:** Электрические контакты и их конструкция

**Цель занятия:** Изучить электрические контакты и их конструкцию

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, классификацию по назначению и условиям работы, виду контактных поверхностей, конструктивному исполнению контактов, качество электрических контактов и их сопротивление, переходное сопротивление контактов, требования предъявляемые к электрическим контактам

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, плакат «Электрические контакты»

### **Ход работы**

1. Дать определение электрического контакта
2. Описать классификацию контактов по назначению и условиям работы
3. Дать классификацию размыкаемых контактов по виду контактных поверхностей
4. Описать классификацию размыкаемых контактов по конструктивному исполнению
5. Объяснить классификацию контактов по назначению. Порядок рабочих и дугогасительных контактов
6. Описать от чего зависит качество контактов
7. Привести формулу для определения переходного сопротивления контактов и дать к ней пояснение
8. Описать требования к электрическим контактам
9. Сделать вывод о результате выполненной работы

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое электрический контакт?
2. Назовите основные группы электрических контактов?
3. Что такое неразъемные подвижные контакты?
4. Какие контакты разъемные будут по виду образующих их плоскостей?
5. Перечислите классификацию контактов по конструктивному исполнению?
6. Какие контакты бывают по назначению?
7. От чего зависит качество электрического контакта?  
Какие требования предъявляются к электрическим контактам?

## Инструкционная карта практического занятия №8

**Тема занятия:** Общие сведения о выключателях переменного тока. Многообъемные масляные выключатели

**Цель занятия:** Изучить конструкцию многообъемных и малообъемных масляных выключателей. Устройство, работу, достоинства и недостатки малообъемных масляных выключателей

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение высоковольтных выключателей, требования предъявляемые к ним, классификацию, важнейшие параметры выключателей. Особенности многообъемных масляных выключателей, конструктивное исполнение выключателей МКП-35, МКП-110, гашение электрической дуги. Устройство, работу, достоинства и недостатки малообъемных масляных выключателей

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с

### Ход работы

1. Описать общие требования к высоковольтным выключателям переменного тока
  - 1.1 Объяснить назначение высоковольтных выключателей
  - 1.2 Описать требования, предъявляемые к высоковольтным выключателям переменного тока
  - 1.3 Описать классификацию высоковольтных выключателей по принципу гашения дуги и роду дугогасящей среды, числу фаз, месту установки, времени отключения
  - 1.4 Описать важнейшие параметры выключателей
2. Изучить многообъемный выключатель МКП-35
  - 2.1 Описать конструкцию выключателя МКП-35
  - 2.2 Описать конструкцию дугогасительной камеры
  - 2.3 Описать процесс гашения электрической дуги в дугогасительной камере
3. Изучить многообъемный выключатель МКП-10
  - 3.1 Описать конструкцию выключателя
  - 3.2 Описать конструкцию дугогасительной камеры
  - 3.3 Описать процесс гашения электрической дуги в дугогасительной камере
4. Описать область применения малообъемных выключателей. Основное отличие от многообъемных выключателей
5. Изучить выключатель ВМП-10
  - 5.1. Описать конструкцию выключателя ВМП-10
  - 5.2 Описать конструкцию дугогасительной камеры
  - 5.3 Описать процесс гашения электрической дуги в дугогасительной камере
6. Сделать вывод о результате выполненной работы

### **Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены высоковольтные выключатели?
2. Какие требования предъявляются к высоковольтным выключателям?
3. Как классифицируются высоковольтные выключатели?
4. За счет чего обеспечивается быстрое гашение электрической дуги в высоковольтных выключателях?
5. Объясните, сколько разрывов на фазу имеет дугогасительная камера выключателя МКП-110?
6. Почему опасен недолив и перелив масла в выключателях МКП-35?
7. Количество и назначение 2-х плечих рычагов на валу выключателя ВМП-10?
8. Для чего предназначены демпферы выключателя?
9. За счет чего происходит отключение выключателя?
10. Для чего предназначена буферная полость выключателя?
11. Как происходит гашение дуги в дугогасительной камере?
12. Как производится изоляция дугогасительного устройства?
13. Каким газом заполнено дугогасительное устройство?

## Инструкционная карта практического занятия №9

**Тема занятия:** Изучение конструкции электромагнитных выключателей

**Цель занятия:** изучить устройство, работу электромагнитных выключателей

**Для выполнения работы студент должен знать:** Преимущества электромагнитных выключателей перед масляными, устройство и работу выключателя, гашения электрической дуги

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, плакат

### Ход работы

1. Описать преимущество электромагнитных выключателей перед масляными
2. Описать конструктивное исполнение электромагнитного выключателя
3. Объяснить работу выключателя при гашении электрической дуги с большим током
4. Объяснить работу выключателя при гашении электрической дуги с малым током
5. Описать устройство выключателя ВЭ-10-1600-20У
6. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

- 1.Преимущества электромагнитных выключателей перед масляными?
2. Под действием, каких сил дуга втягивается в дугогасительную камеру?
- 3.Для чего предназначена система поддува выключателя?
4. К каким выключателям по быстродействию относится электромагнитный выключатель?
5. Расшифруйте условное обозначение электромагнитного выключателя ВЭ-10-1600-20УЗ?

## Инструкционная карта практического занятия №10

**Тема занятия:** Изучение конструкции вакуумных выключателей

**Цель занятия:** Изучить устройство, работу, преимущества и недостатки вакуумных выключателей

**Для выполнения работы студент должен знать:** Преимущества и недостатки вакуумных выключателей, устройство и работу вакуумной дугогасительной камеры выключателя

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Описать основные преимущества и недостатки вакуумных выключателей
2. Описать устройство вакуумной дугогасительной камеры КДВ-10-1600-20УХЛ2
3. Объяснить, как происходит гашение электрической дуги в вакуумной камере
4. Дать описание конструкции вакуумного выключателя типа ВВЭ-10
5. Привести типы применяемых вакуумных выключателей
6. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Назовите преимущества вакуумных выключателей?
2. Назовите недостатки вакуумных выключателей?
3. Какой ход подвижного контакта в дугогасительной камере?
4. Назначение экранов в дугогасительной камере?
5. Как обеспечивается герметичность вакуумной камеры и подвижность подвижного контакта?
6. Зачем имеются радиальные вырезы в главных контактах?
7. Зачем имеются спиралеобразные вырезы в дугогасительных контактах и их направление?



## Инструкционная карта практического занятия №11

**Тема занятия:** Изучение конструкции воздушных и элегазовых выключателей

**Цель занятия:** Изучить устройство, работу воздушных и элегазовых выключателей

**Для выполнения работы студент должен знать:** Дугогасительная среда воздушных выключателей, виды дугогасительных камер и их работа, назначение отделителей в воздушных выключателях; свойства элегаза, автоматические дугогасительные устройства, работа дугогасительного устройства элегазового выключателя

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с., плакаты

### Ход работы

1. Воздушные выключатели
  - 1.1 Описать дугогасительную среду воздушных выключателей
  - 1.2 Описать дугогасительные устройства воздушных выключателей и их работа
  - 1.3 Описать назначение отделителей воздушных выключателей и их конструктивное исполнение
2. Элегазовые выключатели
  - 2.1 Изучить свойства элегаза
  - 2.2 Описать автопневматические дугогасящие устройства
  - 2.3 Описать устройство и работу дугогасительной камеры элегазового выключателя
  - 2.4 Описать отличие элегазовых и воздушных выключателей
3. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Что является дугогасительной средой в воздушных выключателей?
2. Особенности сжатого воздуха, как дугогасительной среды?
3. Виды дутья в дугогасительных камерах воздушных выключателей?
4. Типы дугогасительных камер воздушных выключателей?
5. Объясните необходимость отделителя воздушных выключателей?
6. Какими свойствами обладает «элегаз»?
7. Что такое автопневматическое устройство?
8. В чем отличие элегазового и воздушного выключателей при гашении дуги?

## Инструкционная карта практического занятия №12

**Тема занятия:** Исследование устройства, работы автоматического воздушного выключателя

**Цель занятия:** изучить назначение, типы, устройство автоматических воздушных выключателей и предохранителей

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, типы, конструкцию автоматических воздушных выключателей и предохранителей. Выбор предохранителей

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, стенд «Предохранители», «Коммутационные аппараты»

### Ход работы

1. Автоматические воздушные выключатели
2. Описать назначение автоматических выключателей
3. Описать расцепители автоматических выключателей, назначение и типы
4. Описать конструктивное исполнение
5. Принципиальная конструкция автоматического выключателя
6. Конструкция резьбового автоматического выключателя
7. Конструкция автоматического выключателя с рукояткой управления
8. Описать назначение механизма свободного расцепления и его исполнение
9. Предохранители
10. Описать назначение и применяемые типы
11. Описать трубчатые предохранители типа ПР-2
12. Описать предохранители разборные с наполнителем типа ПН-2
13. Описать высоковольтные предохранители типа ПК
14. Описать газогенерирующие предохранители типа ПВТ
15. Описать порядок выбора предохранителей
16. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены автоматические выключатели?
2. Что в автоматическом выключателе обеспечивает защитные функции?
3. Какие расцепители в автоматических выключателях применяются?
4. Для чего предназначен механизм свободного расцепления?
5. За счет чего гасится дуга в предохранителе ПР-2?
6. За счет чего гасится дуга в предохранителе ПН-2?
7. Что такое токоограничение в предохранителях?

## **Инструкционная карта практического занятия №13**

**Тема занятия:** Исследование устройства, работы и регулировки привода высоковольтного выключателя

**Цель занятия:** Изучить устройство, работу, научиться проверять и регулировать электромагнитный привод ПЭ-11

**Для выполнения работы студент должен знать:**

1. Устройство и принцип действия привода ПЭ-11.
2. Регулировку привода ПЭ-11.
3. Процессы, происходящие в приводе ПЭ-11.

**Оборудование:** образец привода ПЭ-11.

### **Ход работы**

1. Изучить привод высоковольтного выключателя ПЭ-11 по рисунку 1
  - 1.1 Составить спецификацию деталей привода высоковольтного выключателя ПЭ-11 по рисунку 1
2. Изучить процессы, происходящие при работе привода, обозначаемые а, б, в, г на рисунке 1
3. Сделать выводы о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Устройство и принцип действия привода ПЭ-11?
2. Регулировка привода ПЭ-11?
3. Процессы, происходящие в приводе ПЭ-11?

## Инструкционная карта практического занятия №14

**Тема занятия:** Выбор высоковольтных выключателей и разъединителей

**Цель занятия:** научиться выбирать высоковольтные коммутационные аппараты распределительных устройств, пользоваться справочной литературой

**Для выполнения работы обучающийся должен знать:**

1. Производить выбор коммутационной аппаратуры по конструктивному назначению и месту установки. Номинальному напряжению и току.
2. Уметь проверять выбранные аппараты на соответствие токам КЗ

**Оборудование:** инструкционные карты, В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход занятия

1. В соответствии с исходными данными таблицы 1 для распределительного устройства высокого напряжения выбрать высоковольтный выключатель, разъединитель с двумя заземляющими ножами, отделитель и короткозамыкатель.

Для распредустройства низкого напряжения выбрать высоковольтный выключатель, разъединитель с одним заземляющим ножом со стороны подвижного контакта. При определении теплового импульса считать  $T_a = 0,05$

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип электрической подстанции	Тяговая п/ст пост. тока 110/35/10	Тяговая п/стперем. тока 110/27,5/10	Тяговая п/стперем. тока 220/27,5/6	Трансфор. п/ст 35/6	Трансфор. п/ст 110/35/10	Трансфор. п/ст 220/35/10	Тяговая п/ст пост. тока 35/10/6	Тяговая п/стперем. тока 220/35/27,5	Тяговая п/стперем. тока 110/27,5/10	Трансфор. п/ст 110/10
<b>РУ высокого напряжения</b>										
$U_{\text{раб макс}}$ (кВ)	110	220	35	220	110	35	220	110	35	220
$I_{\text{раб макс}}$ (А)	150	300	400	200	350	500	250	300	450	500
$I_k$ (кА)	5	3	7	4	6	8	5	4,5	9	3,5
$i_y$ (кА)	12,75	7,65	17,85	10,2	15,3	20,4	12,75	11,5	23	9
$t_{\text{откл}}$ (с)	2	2,5	1,5	2,2	1,9	1	2,0	2,5	1,4	1,8
<b>РУ низкого напряжения</b>										

$U_{\text{раб макс}}$ (кВ)	35	10	6	10	35	6	10	35	6	10
$I_{\text{раб макс}}$ (А)	500	800	900	700	650	400	500	300	350	600
$I_k$ (кА)	10	12	13	15	8	6	9	10	8	10
$i_y$ (кА)	25,5	30,6	33,2	38,3	20,4	15,3	23	25,5	20,4	25,5
$t_{\text{откл}}$ (с)	1,5	1	0,5	1	0,9	1,2	0,8	1	1	1,5

2. Выбор высоковольтных выключателей производится согласно условиям

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{раб}};$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб. макс}}$$

3. Проверить выключатель по току КЗ на динамическую стойкость по предельному периодическому току КЗ:

$$I_{\text{пр.с}} \geq I_k$$

по ударному току:

$$i_{\text{пр.с}} \geq i_y$$

на термическую стойкость:

$$I_T^2 * t_T \geq B_k$$

4. Проверить по отключающей способности по номинальному периодическому току отключения

$$I_{\text{ном. отк}} \geq I_k$$

5. Результаты выбора коммутационных аппаратов оформить в виде таблицы 2

Таблица 2 Результаты расчетов

№ п/п	Тип коммутационного аппарата	Соотношение паспортных и расчетных данных					
		$\frac{U_{\text{ном}}}{U_{\text{раб.}}}$ , кВ	$\frac{I_{\text{ном}}}{I_{\text{раб. макс.}}}$ , А	$\frac{I_{\text{ном. откл}}}{I_k}$ , кА	$\frac{I_{\text{пр.с.}}}{I_k}$ , кА	$\frac{i_{\text{пр.с}}}{i_y}$ , кА	$\frac{I_T^2 * t_T}{B_k}$ , кА <sup>2</sup> * С
РУ- высокого напряжения							
1							
2							
3							
4							
РУ- низкого напряжения							
1							
2							

6. Сделайте заключение о проделанной работе

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое амплитудное значение предельно сквозного тока КЗ?
2. Что такое предельный ток термической стойкости?
3. Как определить тепловой импульс тока КЗ?

## Инструкционная карта практического занятия №15

**Тема занятия:** Изучение конструкции рубильников, переключателей, пакетных выключателей

**Цель занятия:** Изучить назначение, типы, устройство рубильников, переключателей и пакетных выключателей

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, типы, конструкцию, условные обозначения рубильников, переключателей, пакетных выключателей

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с

### Ход работы

1. Рубильники
2. Назначение рубильников и их классификацию
3. Конструктивное исполнение рубильников и условное обозначение
4. Переключатели. Назначение. Отличие от рубильников. Условное обозначение
5. Пакетные выключатели
6. Назначение. Особенности пакетных выключателей
7. Конструктивное исполнение пакетных выключателей
8. Недостаток пакетных выключателей
9. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. На какие номинальные токи могут выпускаться рубильники?
2. Какое число полюсов может быть у рубильников?
3. Расшифруйте обозначение рубильника РПУ 34?
4. Назначение переключателей?
5. В чем отличие переключателей от рубильников?
6. Достоинство пакетных переключателей?
7. Недостаток пакетных выключателей?
8. Назначение кулачковых пакетных выключателей?

## Инструкционная карта практического занятия №16

**Тема занятия:** Изучение конструкции магнитного пускателя и контактора

**Цель занятия:** Изучить устройство, работу магнитного пускателя, контакторы постоянного, переменного тока, действие схемы управления магнитным пускателем, контактором при управлении в ручную и отключения магнитного пускателя при действии теплового реле

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, устройство, работу и схему управления магнитного пускателя и контакторов

**Оборудование:** Лабораторные стенды магнитного пускателя и контактора переменного тока, учебник В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Изучить работу магнитного пускателя по рисунку 1
  - 1.1 Составить спецификацию магнитного пускателя по рисунку 1(а)
  - 1.2 Составить спецификацию теплового реле по рисунку 1(б)
  - 1.3 Записать работу схемы управления асинхронным двигателем по рисунку 1(в)
  - 1.4 Описать работу кнопочной станции по рисунку 1(г)
2. Изучить работу контактора по рисунку 2
  - 2.1 Составить спецификацию контактора клапанного типа по рисунку 2(а)
  - 2.2 Составить спецификацию контактора прямоходного типа по рисунку 2(б)
  - 2.3 Составить спецификацию внешнего вида контактора клапанного типа по рисунку 2(в)
3. Изучить работу контактора постоянного тока по рисунку 3
  - 3.1 Составить спецификацию контактора постоянного тока по рисунку 3
4. Сделать вывод о результате выполненной работы.

### Контрольные вопросы

1. Для чего применяются магнитные пускатели?
2. Область применения контакторов?
3. Принцип работы теплового реле магнитного пускателя?
4. Каким образом происходит возврат теплового реле после его срабатывания?
5. Объясните, каким образом изменяется уставка теплового реле?
6. В чем состоит отличие контакторов клапанного типа и прямоходного? Какой из них предпочтительнее.
7. Почему при применении мостовых контактов, как правило, не применяют дугогасительные камеры?



## Инструкционная карта практического занятия №17

**Тема занятия:** Изучение конструкции предохранителей и их выбор

**Цель занятия:** Изучить назначение, типы и конструкцию предохранителей; научиться выбирать предохранители

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, типы и конструкцию предохранителей, их работу, а также порядок выбора предохранителей для защиты оборудования.

**Оборудование:** Стенд - предохранители, методические указания

### Ход работы

1. Изучить работу предохранителей ПН-2, ПР-2 по рисунку 1
  - 1.1 Составить спецификацию предохранителя типа ПР-2 по рисунку 1
  - 1.2 Составить спецификацию предохранителя типа ПН-2 по рисунку 1
  - 1.3 Составить спецификацию внутреннего устройства предохранителя типа ПН-2 по рисунку 1
2. Изучить работу предохранителя ПК-10 по рисунку 2
  - 2.1 Составить спецификацию предохранителя типа ПК-10 по рисунку 2
3. Изучить работу предохранителя ПВТ-35 по рисунку 3
  - 3.1 Составить спецификацию предохранителя типа ПВТ-35 по рисунку 3
4. Изучить работу установки предохранителя ПВТ-35 по рисунку 4
  - 4.1 Составить спецификацию установки предохранителя типа ПВТ-35 по рисунку 4
5. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Назначение и применение предохранителей?
2. Назвать типы наиболее часто применяемых предохранителей?
3. Из какого материала изготавливается плавкая вставка?
4. Почему в трубчатых не наполненных предохранителях применяется фибровая трубка?
5. Особенности применения в качестве наполнителя кварцевого песка?
6. Для чего при медных плавких вставках напаяются оловянные шарики?
7. В каких целях применяются предохранители НПН?
8. Из какого материала изготавливается патрон предохранителя ПК?
9. Чем отличается плавкая вставка предохранителя ПК и ПКТ?
10. Как гасится дуга в предохранителе ПВТ?
11. Почему предохранитель ПВТ называют стреляющим?
12. Как определить, что предохранитель ПВТ сработал?

## Инструкционная карта практического занятия №18

**Тема занятия:** Исследование конструкций силового трансформатора

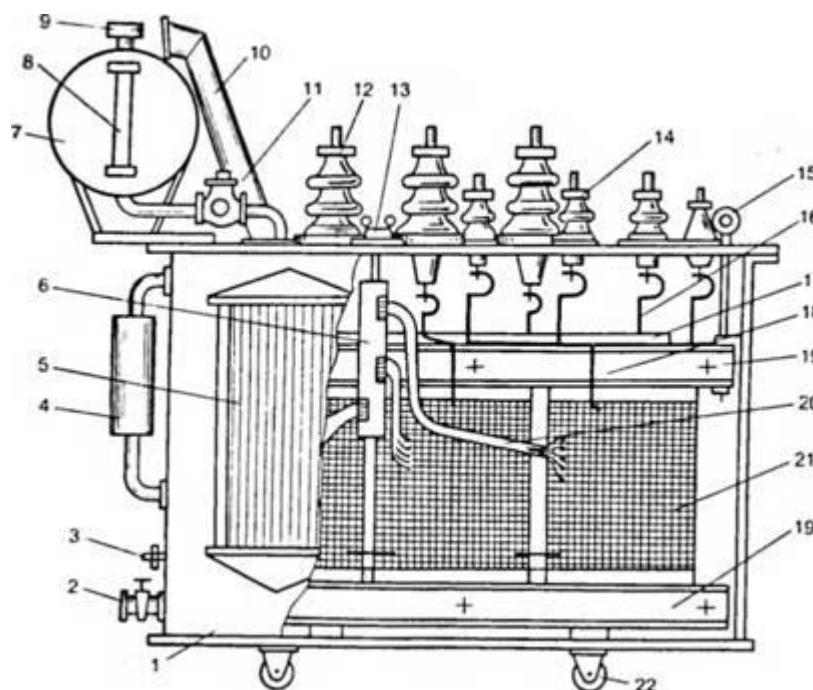
**Цель занятия:** Изучить конструкцию и назначение отдельных узлов силового трансформатора.

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, работу и конструкцию силовых трансформаторов

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402

### Ход работы

1. Изучить работу трансформатора ТМ-1600/35 по рисунку 1



1.1 Составить спецификацию трансформатора ТМ-1600/35 по рисунку 1  
Таблица 1 Спецификация трансформатора ТМ-1600/35

№	Наименование	Кол-во

2. Описать устройство активной части трансформатора

3. Описать, как обозначаются начало и концы обмоток трансформатора

4. Описание назначения в трансформаторах: трансформаторного масла; расширительного бака; выхлопной трубы, газовое реле и требования для его установки; термосифонный фильтр; воздухоочиститель

5. Описать, обозначение трансформаторов по конструктивному выполнению
6. Сделать вывод о результате выполненной работы

### **Контрольные вопросы**

1. Когда применяют однофазные силовые трансформаторы?
2. Что такое группа соединения трансформаторов, для чего её нужно знать?
3. Назначение трансформаторного масла в трансформаторе?
4. Что является основой конструкции трансформатора?
5. Назначение термосифонного фильтра?
6. Преимущества и недостатки трансформаторов сухих?

## Инструкционная карта практического занятия №19

**Тема занятия:** Изучение конструкции автотрансформаторов

**Цель занятия:** изучить автотрансформаторы, преимущества перед трансформаторами и область применения

**Для выполнения работы студент должен знать:** Особенности конструкции и режимы работы автотрансформаторов, преимущества автотрансформаторов перед трансформаторами и область их применения

**Оборудование:** В.И.Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

- 1.Привести эскиз схемы однофазного автотрансформатора и дать к ней пояснение.
- 2.Вывести формулу полной мощности автотрансформатора, передаваемой из первичной обмотки во вторичную
- 3.Преобразовать формулу полной мощности, выделив из нее типовую мощность и электрическую мощность. Дать объяснение типовой и электрической мощности
- 4.Вывести формулу коэффициента выгоды. Дать объяснение этому коэффициенту. Объяснить, когда применение автотрансформаторов наиболее целесообразно
- 5.Описать условные обозначения начала и концов фазых обмоток трансформаторов, а также условные обозначения схем соединения обмоток
- 6.Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

- 1.В чем конструктивное отличие автотрансформатора от трансформатора?
- 2.Дайте объяснение полной или проходной мощности, трансформаторной и электрической мощности
- 3.Объясните, что такое коэффициент выгоды или типовой мощности?
- 4.Когда применение автотрансформаторов наиболее выгодно?

## Инструкционная карта практического занятия №20

**Тема занятия:** Измерительные трансформаторы напряжения

**Цель занятия:** Изучить трансформаторы напряжения

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, схема включения, коэффициент трансформации, погрешность и классы точности, конструкцию трансформаторов напряжения

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с., плакаты, трансформатор напряжения НАМИ-10

### Ход работы

- 1.Описать назначение трансформаторов напряжения
- 2.Привести схему подключения приборов и реле к сети через однофазный трансформатор напряжения, и дать пояснение схеме
- 3.Написать формулы коэффициента трансформации, погрешности трансформатора напряжения, класса точности и их применение
- 4.Привести классификацию трансформаторов напряжения
- 5.Объяснить буквенно-цифровые обозначения трансформаторов напряжения
- 6.Описать конструктивное выполнение трансформаторов напряжения
- 7.Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

- 1.Для чего предназначены трансформаторы напряжения?
  - 2.Чему равно вторичное напряжение трансформатора?
  - 3.Чему равен коэффициент трансформации трансформатора напряжения?
  - 4.Применяемые классы точности трансформаторов напряжения?
- При каких напряжениях применяются трехфазные трансформаторы напряжения?
- Какие трансформаторы напряжения позволяют осуществлять контроль изоляции РУ?
- Расшифруйте обозначение трансформатора ЗНОМ-35 и его назначение

## Инструкционная карта практического занятия №21

**Тема занятия:** Измерительные трансформаторы тока

**Цель занятия:** Изучить трансформаторы тока

**Для выполнения работы студент должен знать:** Изучить назначение, работу, конструктивное исполнение измерительных трансформаторов тока

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с., плакаты, трансформаторы тока ТК-0,4/200

### Ход работы

- 1.Описать назначение измерительных трансформаторов тока
- 2.Привести схему подключения приборов и реле к сети через трансформатор тока и дать пояснение к схеме
- 3.Объяснить почему недопустимо размыкание вторичной обмотки трансформатора тока
- 4.Описать чему равен коэффициент трансформации, погрешность, мощность вторичной обмотки трансформатора тока. Классы точности трансформаторов тока
- 5.Классификация трансформаторов тока и их условные обозначения
- 6.Конструктивное выполнение трансформаторов тока
- 7.Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

- 1.Для чего предназначены трансформаторы тока?
- 2.Чему равен номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока?
- 3.Чему равен коэффициент трансформации трансформатора тока?
- 4.Почему нельзя размыкать вторичную обмотку трансформаторов тока?
- 5.Назовите классы точности трансформаторов тока?
- 6.Назовите классификацию трансформаторов тока?
- 7.Расшифруйте обозначение трансформатора тока ТФЗМ-35-0,5/Р10-1000/5  
1У1

## Инструкционная карта практического занятия №22

**Тема занятия:** Выбор трансформаторов напряжения распределительных устройств

**Цель занятия:** Научиться выбирать трансформаторы напряжения распределительных устройств

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, классы точности, схемы соединения трансформаторов напряжения

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию

### Ход работы

- 1.Объяснить от чего зависит тип выбираемого трансформатора напряжения
- 2.Написать условия выбора и проверки трансформатора напряжения
- 3.Описать как определяется мощность трансформаторов напряжения в зависимости от схемы их соединения
- 4.Описать как определяется расчетная мощность потребляемая измерительными приборами и реле, подключенными ко вторичной обмотке трансформатора напряжения
- 5.Привести расчетную схему для проверки трансформатора напряжения на соответствие классу точности
- 6.Поясните, что нужно сделать, если выбранный вами трансформатор не соответствует требуемому классу точности
- 7.Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

- 1.Какие трансформаторы напряжения применяются для контроля изоляции распределительных устройств?
- 2.Как определяется активная и реактивная мощность приборов и реле, подключенных к трансформатору напряжения?
- 3.На какое напряжение выпускаются трехфазные трансформаторы напряжения?
- 4.Расшифруйте обозначение трансформатора НАМИ-10

## Инструкционная карта практического занятия №23

**Тема занятия:** Выбор трансформаторов тока

**Цель занятия:** Научиться выбирать трансформаторы тока

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, классы точности, схемы соединения трансформаторов тока

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию

### Ход работы

1. Описать условия выбора и проверки на соответствие КЗ трансформаторов тока
2. Объяснить как производится проверка трансформаторов тока на соответствие классу точности
3. Привести расчетную схему для проверки трансформатора тока, её пояснение
4. Объяснить зачем и как проводится проверка трансформаторов тока на 10% погрешность
5. Пояснить, что нужно делать если выбранный вами трансформатор не соответствует требуемому классу точности
6. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Почему нужно проверять трансформаторы тока на соответствие классу точности?
2. Какое минимальное сечение проводов применяется для подключения приборов и реле к трансформатору тока?
3. От чего зависит расчетная длина соединительных проводов?
4. Что такое расчетная кратность тока?
5. Как определяется допустимое сопротивление вторичной нагрузки трансформатора тока?



## **Инструкционная карта практического занятия №24**

**Тема занятия:** Изоляторы распределительных устройств. Назначение, типы, параметры, конструкция

**Цель занятия:** Изучить назначение, типы, параметры и конструкцию изоляторов распределительных устройств

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, требования предъявляемые к изоляторам, классификацию, конструкцию изоляторов

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с

### **Ход работы**

1. Описать назначение изоляторов
2. Объяснить требования предъявляемые к изоляторам
3. Описать классификацию изоляторов
4. Описать конструкцию изоляторов:
  - 4.1 Опорные изоляторы
  - 4.2 Опорно-штыревые изоляторы
  - 4.3 Опорно-стержневые изоляторы
  - 4.4 Проходные изоляторы
  - 4.5 Маслонаполненные вводы
  - 4.6 Подвесные стержневые изоляторы
  - 4.7 Подвесные тарельчатые изоляторы
  - 4.8 Подвесные штыревые изоляторы
  - 4.9 Полимерные изоляторы
5. Сделать вывод о результате выполненной работы

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение изоляторов и их классификация по назначению?
2. Требования, предъявляемые к изоляторам?
3. Какие бывают опорные изоляторы?
4. Для чего необходимы проходные изоляторы?
5. Особенности конструкции маслонаполненных вводов?
6. Зачем у изоляторов наружной установки ребра?
7. За счет чего обеспечивается высокая механическая прочность тарельчатых изоляторов?
8. Что является преимуществом стеклянных подвесных изоляторов?

## Инструкционная карта практического занятия №25

**Тема занятия:** Шины и провода распределительных устройств. Назначение, типы, параметры, конструкция

**Цель занятия:** Изучить назначение, типы, параметры, конструкцию шин и проводов распределительных устройств

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, требования, типы и конструкцию шин и проводов. Способы борьбы с коронированием шин, окраска шин

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, стенд «Шины и провода распределительных устройств»

### Ход работы

1. Описать назначение шин распределительных устройств
2. Объяснить требования предъявляемые к сборным шинам и проводам
3. Описать область применения шин прямоугольного сечения
4. Объяснить область применения шин коробчатого сечения
5. Объяснить явление коронирования сборных шин и способы борьбы с ним
6. Описать применение многопроволочных гибких проводов
7. Объяснить применение окраски шин и её назначение
8. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены шины распределительных устройств?
2. Какие требования предъявляются к шинам?
3. Когда возможно применение стальных шин?
4. Недостаток применения пакета шин прямоугольного сечения?
5. Чем опасно коронирование шин?
6. Способы недопущения коронирования шин?
7. В чем состоит достоинство трубчатых шин?
8. Назначение и окраска шин распределительных устройств?

## Инструкционная карта практического занятия №26

**Тема занятия:** Кабели. Назначение, типы, параметры, устройство, условные обозначения

**Цель занятия:** Изучить назначение, типы, параметры, устройство и условные обозначения

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, классификацию, конструкцию, изоляцию жил, условные обозначения, выбор кабелей. Контрольные кабели

**Оборудование** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с, стенд с образцами электрических кабелей

### Ход работы

1. Описать назначение и классификацию кабелей
2. Описать конструкцию кабелей
3. Описать конструкцию применяемых кабелей по количеству и сечению жил
4. Объяснить типы применяемой изоляции в кабелях, их достоинства и недостатки
5. Объяснить назначение оболочек кабелей
6. Описать назначение защитных покровов
7. Описать порядок выбора кабелей
8. Описать исполнение контрольных кабелей
9. Сделать вывод о результате выполненной работы

### Контрольные вопросы

1. Что такое электрический кабель?
2. Как кабели делятся по назначению?
3. Какое сечение жил кабеля является наиболее экономичным?
4. Почему жилы сплошного сечения применяются для кабелей сечением не более 240 мм<sup>2</sup>?
5. Чем вызвано применение маслonaполненных кабелей?
6. Для чего необходима герметичная оболочка кабеля?
7. Расшифруйте обозначения кабеля КРВБГ-10×1,5

## Инструкционная карта практического занятия № 28

**Тема занятия:** Выбор токоведущих частей распределительных устройств и их проверка на электродинамическую стойкость

**Цель занятия:** Научиться выбирать сборные шины распределительных устройств и проверить их на электродинамическую стойкость

**Для выполнения работы студент должен знать:** Условия выбора сборных шин распределительных устройств, материалы применяемые для выполнения сборных шин в открытых и закрытых распредустройствах, проверку сборных шин на электродинамическую стойкость

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Произвести выбор сборных шин распределительных устройств электрических подстанций и их проверку на электродинамическую стойкость. Исходные данные приведены в таблице. Условные обозначения:  $U_{вн}, U_{ср}, U_{нн}$  – напряжение распределительных устройств электрической подстанции;  $i_y$  – ударный ток КЗ.

$I_k$  – установившейся ток КЗ;

$I_{раб макс}$  – максимальный рабочий ток на сборных шинах;

$l$  – расстояние между точками крепления сборных шин низкого напряжения на двух соседних изоляторах распредустройства низкого напряжения;

$a$  – расстояние между фазами.

Исходные данные приведены в таблице 1

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип электрической подстанции	Тяговая п/ст пост. тока 110/35/10	Тяговая п/стперем. тока 110/27,5/10	Тяговая п/стперем. тока 220/27,5/6	Трансфор. п/ст 35/6	Трансфор. п/ст 110/35/10	Тяговая п/ст пост. тока 35/10/6	Трансфор. п/ст 220/35/10	Тяговая п/стперем. тока 220/35/27,5	Тяговая п/стперем. тока 110/27,5/10	Трансфор. п/ст 110/10
<b>Распределительное устройство высокого напряжения</b>										
$I_{\text{раб макс}}$ (А)	300	250	200	400	270	450	300	150	280	180
$I_{\text{к}}$ (кА)	8	7	6	15	9	12	5	7	7,5	6,5
$t_{\text{откл}}$ (с)	2,5	2,4	2,3	2	2,6	2,2	2,7	2,6	2,4	2,5
$U_{\text{раб}}$ (кВ)	110	110	220	35	110	35	220	220	110	110
<b>Распределительное устройство среднего напряжения</b>										
$I_{\text{раб макс}}$ (А)	500	600	700	-	400	1500	800	600	700	-
$I_{\text{к}}$ (кА)	10	15	17	-	20	35	12	15	17	-
$i_{\text{y}}$ (кА)	-	-	-	-	-	70	-	-	-	-
$l$ (м)	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-
$a$ (м)	-	-	-	-	-	0,35	-	-	-	-
$t_{\text{откл}}$ (с)	1	1,2	1,3	-	1,4	1,2	1,5	1,4	1,3	-
$U_{\text{раб}}$ (кВ)	35	27,5	27,5	-	35	10	35	35	27,5	-
<b>Распределительное устройство низкого напряжения</b>										
$I_{\text{раб макс}}$ (А)	1900	2200	2400	2200	2000	2000	2500	800	2300	2000
$I_{\text{к}}$ (кА)	20	22	35	40	35	80	31	17	25	24
$i_{\text{y}}$ (кА)	50	40	60	55	62	56	48	19	40	50
$l$ (м)	1,2	1,1	1	1	1,3	1	1,2	-	1,15	1,25
$a$ (м)	0,35	0,3	0,25	0,26	0,35	0,26	0,32	-	0,3	0,35
$t_{\text{откл}}$ (с)	1	1,1	1	0,9	0,8	0,85	0,8	-	0,9	1
$U_{\text{раб}}$ (кВ)	10	10	6	6	10	6	10	27,5	10	10

2. Сборные шины выбрать по условию

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб.макс}}$$

где  $I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток нагрузки сборных шин;

$I_{\text{раб.макс}}$  - максимальный рабочий ток выбираемых шин

3. Шины прямоугольного сечения проверить на электродинамическую стойкость

3.1 Усилие, действующее на шину по длине пролета,  $F$ , рассчитывается по формуле (1)

$$F = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-1}, \quad (1)$$

где  $i_y^2$  - ударный ток КЗ, кА;

$l$  - расстояние между опорными изоляторами, м;

$a$  - расстояние между фазами, м.

3.2 Изгибающий момент,  $M$ , рассчитывается по формуле (2)

$$M = \frac{Fl}{10}, \quad (2)$$

где  $F$  - усилие действующие на шину по длине пролета, Н;

3.3 Момент сопротивления шин,  $M_p$ ,  $W_p$ ,  $m^3$ , рассчитываются по формулам (3), (4)

$$\text{на ребро } W_p = \frac{b^2 h}{6} \times 10^{-9}, \quad (3)$$

$$\text{плашмя } W_p = \frac{h^2 b}{6} \times 10^{-9}, \quad (4)$$

где  $h$  - высота шины, мм;

$b$  - толщина шины, мм.

3.4 Расчетное напряжение в металле шин,  $G_{\text{расч}}$ , МПа рассчитывается по формуле (5)

$$G_{\text{расч}} = \frac{M}{W} * 10^{-6}, \quad (5)$$

4. Условием электродинамической стойкости является

$$G_{\text{расч}} \leq G_{\text{доп}}$$

5. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Объясните что такое  $I_{\text{доп}}$ ?
2. Какие сборные шины применяются в открытых и закрытых распредустройствах?
3. Почему шины открытых распредустройств не проверяются на электродинамическую стойкость?

## Инструкционная карта практического занятия № 29

**Тема занятия:** Выбор и проверка изоляторов распределительных устройств

**Цель занятия:** Научиться выбирать изоляторы распределительных устройств подстанций и производить их проверку на соответствие разрушающей нагрузке, проходных изоляторов – термической стойкости

**Для выполнения занятия студент должен знать:** Типы изоляторов применяемых в распредустройствах, порядок их выбора и проверки

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Произвести выбор изоляторов для всех распределительных устройств электрической подстанции, для вводов распределительного устройства низкого напряжения выбрать проходные изоляторы. Исходные данные для выбора изоляторов:  $U_{вн}, U_{ср}, U_{нн}$  – напряжение распределительных устройств электрической подстанции;  $i_y$  – ударный ток на шинах низкого напряжения;  $I_{раб макс}$  – максимальный рабочий ток вводов распредустройства низкого напряжения;  $t_{откл}$  – время отключения КЗ на вводе распредустройства низкого напряжения;  $l$  и  $a$  – длина пролета и расстояние между фазами распределительного устройства низкого напряжения.

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип электрической подстанции	Тяговая п/ст пост. тока 110/35/10	Тяговая п/стперем. тока 110/27,5/10	Тяговая п/стперем. тока 220/27,5/6	Трансфор. п/ст 35/6	Трансфор. п/ст 110/35/10	Трансфор. п/ст 220/35/10	Тяговая п/ст пост. тока 35/10/6	Тяговая п/стперем. тока 220/35/27,5	Тяговая п/стперем. тока 110/27,5/10	Трансфор. п/ст 110/10
$U_{вн}$ (кВ)	110	110	220	35	110	220	35	220	110	110
$U_{сн}$ (кВ)	35	27,5	27,5	-	35	35	10	35	27,5	-
$U_{нн}$ (кВ)	10	10	6	6	10	10	6	27,5	10	10
$i_y$ (кА)	30	40	50	20	25	35	15	29	32	27
$I_k$ (кА)	11,8	15,8	19,6	7,8	9,8	13,7	5,9	11,4	12,5	10,6
$t_{откл}$ (с)	1	1	1,5	1,2	1,1	1,3	1	1,15	1,5	1,4
$l$ (м)	1,2	1,1	1,2	1,3	1,1	1,25	1	1,15	1,25	1,0

a (м)	0,35	0,3	0,35	0,25	0,25	0,3	0,25	0,3	0,35	0,25
$I_{\text{раб макс}}$ (А)	1000	1500	1500	700	1000	1500	500	1400	1200	1300

2. Выбор изоляторов произвести по роду установки (внутренняя или наружная) и напряжению

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{раб}},$$

где  $U_{\text{ном}}$  - номинальное напряжение изолятора, кВ;

$U_{\text{раб}}$  - рабочее напряжение установки, кВ

3. Проходные изоляторы дополнительно выбрать по номинальному току

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб. макс}}$$

где  $I_{\text{ном}}$  - номинальный ток токоведущего стержня изолятора, А;

$I_{\text{раб макс}}$  - максимальный рабочий ток установки, А

4. Выбранные изоляторы для закрытых распределительных устройств проверить на динамическую стойкость по условию

$$F_{\text{расч}} \leq 0,6 F_{\text{разр}},$$

где  $F = 1,76 * i_y^2 * \frac{l}{a} * 10^{-1}$ , Н

$F_{\text{расч}}$  - наибольшая расчетная нагрузка, действующая на изолятор, Н;

$F_{\text{разр}}$  - разрушающая нагрузка для изолятора по каталогу, Н;

0,6 - коэффициент запаса прочности

На проходные изоляторы действует только половина нагрузки, приходящаяся на длину пролета,  $F_{\text{расч}}$ , Н, определяют по формуле (1)

$$F = 0,088 i_y^2 \frac{l}{a}, \quad (1)$$

где  $i_y^2$  - ударный ток, кА;

и  $a$  - длина пролета и расстояния между фазами, м.

Проверка подвесных изоляторов распределительных устройств на электродинамическую стойкость не производится, определяется только количество изоляторов в гирлянде согласно таблицы.

5. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назовите изоляторы, применяемые на электрических подстанциях?
2. Назовите количество подвесных изоляторов в гирлянде на напряжение 35, 110, 220 кВ?
3. Назовите преимущество полимерных изоляторов?
4. Что такое малогабаритные опорные изоляторы?
5. Когда применяются проходные изоляторы?



## **Инструкционная карта практического занятия №32**

**Тема занятия:** Исследование схемы опорной подстанции

**Цель занятия:** Изучить схему опорной подстанции и её особенности

**Для выполнения работы студент должен знать:**

- 1.Схему ОРУ-110(220) кВ трансформаторной подстанции
- 2.Назначение обходной системы сборных шин, обходного выключателя
- 3.Назначение секционного выключателя
- 4.Назначение заземления нейтрали первичной обмотки трансформатора
- 5.Подготовка рабочих мест на каждом присоединении ОРУ-110 (220) кВ подстанции

**Оборудование:** плакат схемы опорной подстанции ОРУ-110 (220) кВ

### **Ход работы**

- 1.Описать схему опорной тяговой подстанции ОРУ-110(220) кВ по рисунку 1
- 2.Описать, как проводится замена выключателя силового трансформатора, выключателя ввода 110 (220) кВ через обходной выключатель по рисунку 1
- 3.Сделать вывод о проделанной работе

### **Контрольные вопросы**

- 1.Объясните, для чего предназначен секционный выключатель?
- 2.Объясните, для чего предназначен обходной выключатель?
- 3.Объясните, для чего предназначена обходная система сборных шин?
- 4.Объясните, для чего установлен заземляющий разъединитель и разрядник в цепи заземляющей нейтрали первичной обмотки трансформатора?

## **Инструкционная карта практического занятия №33**

**Тема занятия:** Исследование схемы транзитной подстанции

**Цель занятия:** Изучить схему транзитной подстанции, и ее особенности

**Для выполнения работы студент должен знать:**

- 1.Определение транзитной подстанции на схеме подключения к системе внешнего электроснабжения
- 2.Назначение рабочей перемычки распределительного устройства
- 3.Назначение рабочей перемычки распределительного устройства

**Оборудование:**схема ОРУ-110(220) кВ транзитной подстанции

### **Ход работы**

- 1.Описать однолинейную схему ОРУ-110(220) кВ транзитной подстанции по рисунку 1
- 2.Объяснить назначение рабочей перемычки, ремонтной перемычки по рисунку 1
- 3.Сделать вывод о проделанной работе

### **Контрольные вопросы**

- 1.Для чего предназначена рабочая перемычка ОРУ-110(220) кВ?
- 2.Для чего предназначена ремонтная перемычка ОРУ-110(220) кВ?
- 3.Объясните назначение разрядников в схеме распределительного устройства?
- 4.Объясните назначение заземляющих ножей у разъединителя?

## Инструкционная карта практического занятия №34

**Тема занятия:** Исследование схемы отпаечной подстанции

**Цель занятия:** Изучить схему ОРУ-110(220) кВ отпаечной подстанции и ее особенности

**Для выполнения работы студент должен знать:**

- 1.Схему ОРУ-110(220) кВ отпаечной подстанции
- 2.Назначение каждого элемента в схеме
- 3.Назначение переключки между вводами
- 4.Определение отпаечной подстанции по схеме внешнего электроснабжения

**Оборудование:** плакат схемы ОРУ-110(220) кВ отпаечной подстанции

### Ход работы

- 1.Описать схему ОРУ-110(220) кВ отпаечной подстанции по рисунку 1
- 2.Объяснить назначение переключки между вводами, наличие приводов дистанционного управления на линейных разъединительных вводах и шиной разъединителя переключки по рисунку 1
- 3.Объяснить назначение короткозамыкателя и отделителя в схеме подключения первичной обмотки понижающего трансформатора
- 4.Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

- 1.Объясните назначение переключки между вводами?
- 2.Объясните наличие приводов дистанционного управления разъединителей вводов и переключки?
- 3.Описать назначение отделителя и короткозамыкателя подключения понижающего трансформатора?

## Инструкционная карта практического занятия №35

**Тема занятия:** Исследование схемы тупиковой подстанции

**Цель занятия:** Изучить схему тупиковой подстанции и ее особенности

**Для выполнения работы студент должен знать:**

- 1.Схему тупиковой подстанции
- 2.Назначение каждого элемента в схеме
- 3.Определение тупиковой подстанции по схеме внешнего электроснабжения

**Оборудование:** плакат схемы кВ тупиковой подстанции

### Ход работы

- 1.Описать схему отпаечной подстанции по рисунку 1
- 2.Объяснить назначение перемычки между вводами, наличие приводов дистанционного управления на линейных разъединительных вводах и шинами разъединителя перемычки по рисунку 1
- 3.Объяснить назначение короткозамыкателя и отделителя в схеме подключения первичной обмотки понижающего трансформатора
- 4.Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

- 1.Объясните назначение перемычки между вводами?
- 2.Объясните наличие приводов дистанционного управления разъединителей вводов и перемычки?
- 3.Описать назначение отделителя и короткозамыкателя подключения понижающего трансформатора?

## Инструкционная карта практического занятия № 37

**Тема занятия:** Расчет полной мощности трансформаторной подстанции

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать мощность трансформаторной подстанции и выбирать понижающие трансформаторы

**Для выполнения работы студент должен знать:** Назначение, схемы, устройство трансформаторных подстанций. Типовые графики нагрузок и уметь ими пользоваться. Определять наибольшую мощность на шинах проектируемых подстанций на основании максимальных мощностей потребителей и выбирать число и мощность трансформаторов

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Для каждого потребителя определить максимальную активную и реактивную мощность,  $P_{\max}$ ,  $Q_{\max}$ , рассчитываются по формулам (1),(2)

$$P_{\max} = P_{\text{уст}} * K_c, \quad (1)$$

$$Q_{\max} = P_{\max} * \text{tg} \varphi, \quad (2)$$

где  $P_{\text{уст}}$ -установленная мощность потребителя, кВт;

$K_c$ -коэффициент спроса;

$\text{tg} \varphi$ - тангенс угла  $\varphi$ , определяемый для каждого потребителя по заданному

коэффициенту мощности  $K_M = \cos \varphi$ ,  $\text{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1-\cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}$

2. Определить суммарную максимальную активную и реактивную мощность всех потребителей по формулам (3), (4)

$$\sum P_{\max} = P_{\max 1} + P_{\max 2} + P_{\max 3} \quad (3)$$

$$\sum Q_{\max} = Q_{\max 1} + Q_{\max 2} + Q_{\max 3} \quad (4)$$

3. Определить коэффициент одновременности максимумов нагрузок проектируемой подстанции по формуле (5)

$$K_{pm} = \frac{\sum P_{\max.\text{расч}}}{\sum P_{\max}}, \quad (5)$$

где  $\sum P_{\max.\text{расч}}$  - суммарная максимальная расчетная мощность, определяемая по суммарному графику потребителей, который строится на основании типовых графиков активной нагрузки каждого потребителя по рисунку 1

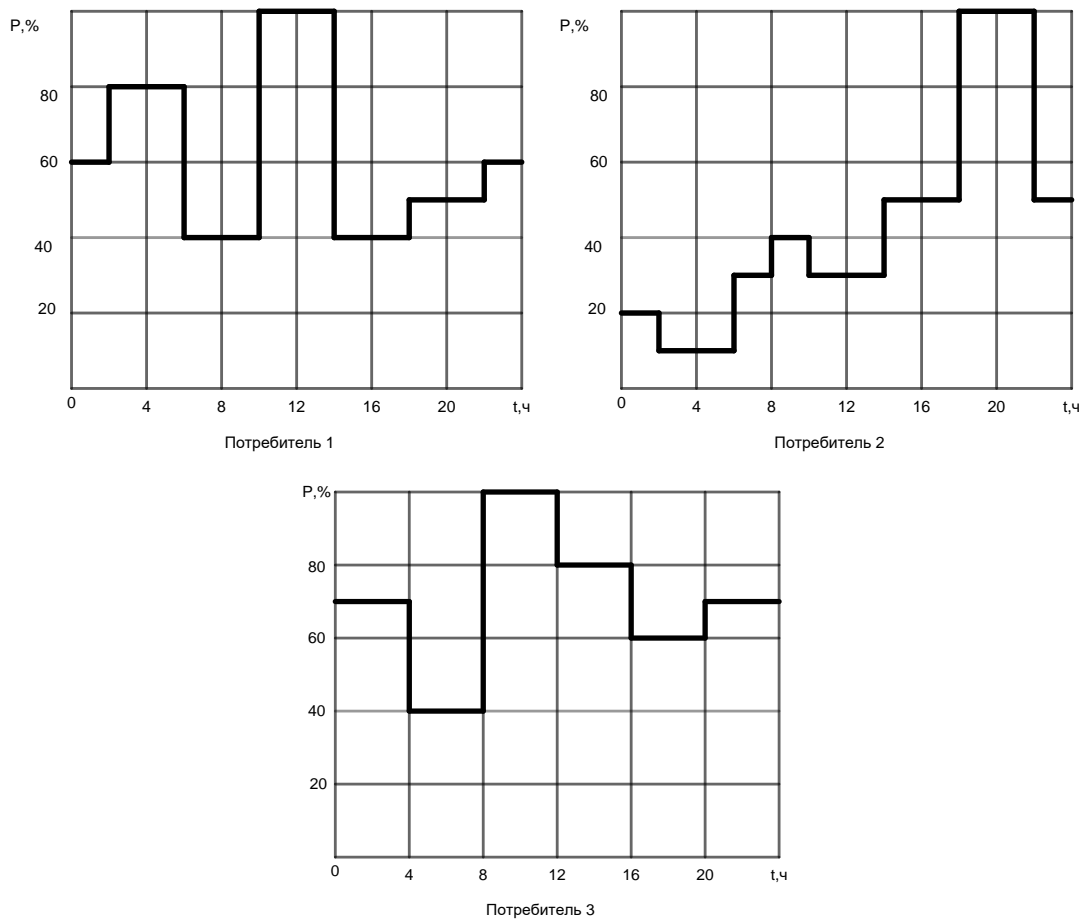


Рисунок 1 Типовые графики нагрузок потребителей

$$P_t = P_{max} * \frac{P_t}{100}, \quad (6)$$

где  $P_{max}$  - максимальная активная мощность потребителя;

$P_t$  - активная мощность потребителя в час  $t$  по типовому графику в процентах;

100 - переводной коэффициент процентов в относительные единицы

4. Определить полную мощность потребителей  $S_{max}$ , по формуле (7)

$$S_{max} = K_{рм} * \left(1 + \frac{P_{пост} + P_{пер}}{100}\right) * \sqrt{\sum P_{max}^2 + \sum Q_{max}^2}, \quad (7)$$

где  $P_{пост}$  - постоянная потеря (5÷8)%;

$P_{пер}$  - переменная потеря (1÷2)%

5. Определить полную мощность на шинах вторичного напряжения подстанции с учетом мощности трансформатора собственных нужд по формуле (8)

$$S_{макс.ш} = S_{max} + S_{ном.ТСН}. \quad (8)$$

6. При наличии на подстанциях потребителей первой категории устанавливается два трансформатора, номинальная мощность которых определяется по формуле (9)

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_{макс}}{1,4(n-1)}, \quad (9)$$

где 1,4 - коэффициент допустимой перегрузки трансформаторов;

$n$  - количество устанавливаемых трансформаторов

7. Определить наибольшую активную мощность каждого из потребителей  $P_{\text{макс}}$ , питающихся от шин вторичного напряжения  $U_2$ , понижающей трансформаторной подстанции. Характеристика потребителей дается в таблице 1.
8. На основании типовых графиков нагрузок (рис. 1) и наибольших мощностей отдельных потребителей вычислить активные нагрузки для каждого часа суток и нагрузку суммарного потребления. Результаты вычислений свести в таблицу.
9. По данным таблицы постройте суточный график активной нагрузки каждого потребителя, график суммарной нагрузки и определить наибольшую суммарную расчетную мощность  $\Sigma P_{\text{макс. расч.}}$ .
10. Определить наибольшую полную мощность потребителей на шинах вторичного напряжения подстанции с учетом потерь в высоковольтных сетях и трансформаторах потребителей.
11. Определить суммарную полную мощность подстанции с учетом мощности трансформатора собственных нужд.
12. Вычислить расчетную мощность трансформатора  $S_{\text{расч.тр.}}$ , по справочнику выберете тип трансформатора.
13. Указать электрические характеристики трансформатора.
- Исходные данные для расчетов в таблице 1.

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальное напряжение питающей сети $U_{\text{ном1}}$ , кВ	110	35	110	35	110	35	110	35	110	35
Номинальное напряжение потребителей $U_{\text{ном2}}$ , кВ	10	10	10	6	35	10	6	10	10	6
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВт	4000	1500	18000	500	1850	3000	4100	1800	1200	2500
Коэффициент спроса $K_c$	0,51	0,58	0,65	0,31	0,5	0,64	0,7	0,5	0,71	0,65
Коэффициент мощности $K_m$	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,93	0,92	0,94	0,93
Категория	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВт	3800	600	7500	2800	20000	6000	7000	5000	3000	1600
Коэффициент спроса $K_c$	0,42	0,69	0,45	0,3	0,4	0,67	0,61	0,59	0,6	0,7
Коэффициент мощности $K_m$	0,94	0,92	0,93	0,92	0,93	0,93	0,92	0,93	0,92	0,54

Категория	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2
Установленная мощность $P_{уст}$ , кВт	16000	2500	12000	800	22000	2400	2000	1600	1300	1400
Коэффициент спроса $K_c$	0,65	0,33	0,48	0,62	0,66	0,7	0,81	0,75	0,65	0,6
Коэффициент мощности $K_m$	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,93	0,92
Категория	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
Мощность трансформатора собственных нужд $S_{ном. тсн}$ , Ква	100	40	250	25	400	40	63	40	25	40

14. Сделайте вывод о проделанной работе



## Инструкционная карта практического занятия №38

**Тема занятия:** Расчет и выбор аккумуляторной батареи

**Цель занятия:** Научиться выбирать аккумуляторные батареи и зарядно-подзарядные агрегаты для электрических подстанций

**Для выполнения работы студент должен знать:**

1. Что такое постоянный и аварийные режимы работы электроустановки
2. Определение длительного и кратковременного разряда аккумуляторной батареи
3. Как определяется расчетная емкость батареи
4. Выбор номера батареи по току длительного и кратковременного разряда
5. Уметь определять число аккумуляторов, питающих шины включения и управления
6. Уметь определять расчетную мощность, зарядное напряжение ЗПУ, зарядный ток батареи.

**Оборудование:** справочный материал

### Ход работы

1. Выбор аккумуляторной батареи производится исходя из аварийного режима работы электроустановки, когда к постоянной нагрузке батареи добавляется нагрузка аварийного режима, аварийное освещение, устройство телемеханики, связь и др., которые в нормальном режиме питались переменным током. При напряжении аккумуляторной батареи 220 В., постоянная нагрузка составляет 10-20 А., нагрузка аварийного режима 10-15 А. Исходной величиной для выбора батареи является ее емкость. Ток длительного разряда в аварийном режиме:

$$I_{\text{дл.разр}} = I_{\text{пост}} + I_{\text{ав}},$$

где  $I_{\text{пост}}$  – ток постоянной нагрузки рабочего режима, А;

$I_{\text{ав}}$  – ток временной аварийной нагрузки, А.

1.1 Ток кратковременного разряда в аварийном режиме:

$$I_{\text{кр.разр}} = I_{\text{дл.разр}} + I_{\text{вкл}},$$

где  $I_{\text{вкл}}$  – ток, потребляемый наиболее мощным приводом при включении выключателя.

1.2 Расчетная емкость батареи:

$$Q_{\text{расч}} = I_{\text{дл.разр}} * t_{\text{ав}},$$

где  $t_{\text{ав}}$  – длительность разряда батареи при аварии, принимается для яговых подстанций 2 часа.

1.3 Номер батареи по току длительностью разряда аварийного режима

$$N_{\text{дл}} \geq 1,1 Q_{\text{расч}} / Q_{\text{ск-1}},$$

где 1,1 – коэффициент учитывающий уменьшение емкости батареи в процессе

эксплуатации;

$Q_{СК-1}$  – емкость аккумулятора СК-1 при  $t_{ав} = 2$  часа, равное 22 А/ч.

1.4 Номер батареи по току кратковременного разряда

$$N_{кр} \geq I_{кр.разр}/46,$$

где 46 – кратко временно длительный разрядный ток аккумуляторов СК-1, А. Окончательно из двух значений  $N_{дл}$  и  $N_{кр}$  выбирают наибольшее значение.

1.5 Полное число последовательно включенных аккумуляторов батареи

$$n = U_{шв}/U_{пз},$$

где  $U_{шв}$  - напряжение на шинах включения ЕУ, принимаемое 260 В;

$U_{пз}$  – напряжение аккумулятора при под заряде, равное 2,15 В.

Число аккумуляторов нормально питающие шины управление и защиты

$$N_{шy} = U_{ш}/U_{пз}, \text{ где}$$

$U_{ш}$  – напряжение на шинах управления и защиты, равное 230 В.

2. Выбор зарядно-подразрядного агрегата (ЗПУ).

Производится по напряжению току и мощности ЗПУ, находя из первого (формовочного) заряда аккумуляторной батареи.

2.1 Расчетная мощность ЗПУ

$$P_{расч} * ЗПУ = U_{зар}(I_{зар} + I_{пост})$$

2.2 Зарядное напряжение ЗПУ

$$U_{зар} = n * 2,15 + (2 \dots 3),$$

где  $n$  – полное число аккумуляторной батареи.

2.3 Зарядный ток батареи

$$I_{зар} = 5,25 * N \text{ (для СК-1-СК-5)}$$

$$I_{зар} = 3,75 * N \text{ (для СК-6-СК-2)}$$

2.4 Номинальный ток ЗПУ

$$I_{ном} ЗПУ \geq I_{зар} * I_{пост}$$

2.5 Номинальное напряжение ЗПУ

$$U_{ном} ЗПУ \geq U_{зар}$$

3. Выбрать аккумуляторную батарею и зарядно-подразрядное устройство электрической подстанции. Исходные данные приведены в таблице. Время аварии ( $t_{ав}$ ) принять равным 2 часам

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ток постоянной нагрузки рабочего режима, А	10	12	14	16	18	15	17	13	11	19
Ток временной аварийной нагрузки, А	10	12	13	15	16	14	16	12	10	17
Ток, потребляемый наиболее мощным приводом выключателя при включении, А	200	250	280	300	400	350	450	320	240	480

Емкость аккумулятора СК-1 при  $t_{ав}=2ч$ ,  $Q_{СК-1}=22$  А/ч. Кратковременно допустимы зарядный ток аккумулятора СК-1 равен 46 А. Напряжение на шинах  $U_{шв}=260$  В. Напряжение аккумулятора при подзаряде, равно  $U_{пз}=2,15$  В.

### 3.1 Номинальная мощность ЗПУ

$$P_{ном\ ЗПУ} \geq P_{расч\ ЗПУ}$$

В качестве ЗПУ применяется выпрямительный агрегат ВАЗП 380/260-40/80, обеспечивающий выпрямленное напряжение от 220 до 260 В при токе до 80 А и мощностью до 20,8 кВт.

4. Сделать вывод о проделанной работе

## Контрольные вопросы

1. Что такое ответственный приемники собственных нужд?
2. Назначение аккумуляторной батареи?
3. Почему аккумуляторная батарея работает в режиме постоянного подзаряда?
4. Что такое кратковременный разряд аккумуляторной батареи?

## Инструкционная карта лабораторная работа №39

**Тема занятия:** Замер сопротивления заземляющего устройства подстанции

**Цель занятия:** Научиться измерять сопротивление заземляющих устройства трансформаторной подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:**

1. Назначение заземляющих устройств.
2. Виды заземляющих устройств.
3. Конструкция заземляющего устройства.
4. Зануление в электроустановках напряжением до 1000 В.
5. Шаговое напряжение и напряжение прикосновения.
6. Величины сопротивлений заземляющих устройств электроустановок.
7. Способы замера сопротивлений заземляющих устройств.

**Оборудование:** измеритель сопротивления типа МС-416, электроды (вспомогательные заземлители), соединительные провода

### Ход работы

1. Требования, предъявляемые ПУЭ к заземляющим устройствам электроустановки
2. Изучение схемы измерения сопротивления заземляющего устройства по рисунку 1

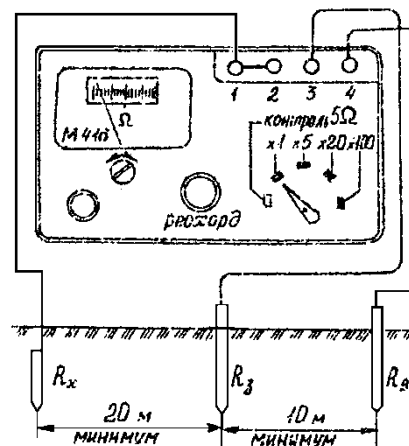


Рисунок 1 – Схема измерения сопротивления заземляющих проводников прибором типа М-416

3. Изучение порядка выполнения замера сопротивления заземляющего устройства с помощью измерителя сопротивления типа М-416
4. Сделать выводы о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

1. Требования ПУЭ к сопротивлению заземляющих устройств электроустановок?
2. Виды заземляющих устройств?

3. Что такое зануление?
4. Почему единичный электрод заземления не обеспечивает безопасность людей?
5. Что такое зона растекания заземляющего устройства?
6. Как делятся на группы заземляющие устройства по расположению искусственных заземлений в грунте?
7. Что такое естественный заземлитель?

## Инструкционная карта практического занятия №40

**Тема занятия:** Расчет заземляющего устройства подстанции

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать защитное заземление электрических подстанций

**Для выполнения работы обучающийся должен знать:** Назначение, типы заземляющих устройств, а также их устройства и расчет

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход занятия

1. Определить необходимое сопротивление заземляющего устройства электрической подстанции в соответствии с ПУЭ

Для тяговых подстанций сопротивление заземляющего устройства всегда  $R_3 \leq 0,5 \text{ Ом}$

2. Общее сопротивление естественных заземлителей из оболочек кабелей и труб водопровода определить по формуле (1)

$$R_e = R_k \times R_{тр} / R_k + R_{тр}, \quad (1)$$

где  $R_{тр}$  - сопротивление труб водопровода, Ом;

$R_k$  - сопротивление оболочек кабелей, Ом

3. Сопротивление искусственных заземлителей определить по формуле (2)

$$R_4 = R_3 \times R_e / R_e - R_3, \quad (2)$$

где  $R_3$  - требуемое сопротивление заземляющего устройства согласно ПУЭ, Ом;

$R_e$  - сопротивление естественных заземлителей, Ом

4. Определить сопротивление одиночного заземлителя заземляющего устройства

- труба диаметром 50мм и длиной 2,5 м

$$R = 0,308\rho$$

- уголок из стали размером 50×50×5 мм и длиной 2,5 м

$$R = 0,318\rho$$

- круглый стержень стальной диаметром 12 мм и длиной 5 м

$$R = 0,226\rho$$

5. Определить ориентировочное число вертикальных заземлителей без учета экранирования по формуле (3)

$$n_{вз} = R_1 / R_{и}, \quad (3)$$

где  $R_1$  - сопротивление одиночного заземлителя

6. Определить коэффициент экранирования  $\eta$  по таблице 9.1, исходя из ориентировочного количества вертикальных заземлителей  $n_{вз}$  и отношения расстояния между заземлителями к их длине  $a/l$ ,

где  $a = L / n_{вз}$

$L$  - периметр подстанции, м;

l- длина вертикального заземлителя

7. Определить число вертикальных заземлителей с учетом коэффициента экранирования по формуле (4)

$$n_{вз} = R_1 / R_{и} \times \eta, \quad (4)$$

где  $\eta$ - коэффициент экранирования

8. Уточнить расстояние между вертикальными заземлителями по формуле (5)

$$a = L / n_{вз}, \quad (5)$$

9. Рассчитать защитное заземление тяговой подстанции напряжением 110/10 кВ. Периметр территории тяговой подстанции задан. Нейтраль обмотки трансформатора 110кВ заземлена, сети 10кВ изолирована. Удельное сопротивление грунта в месте сооружения подстанции задано. В качестве естественных заземлений используются металлические оболочки кабелей с сопротивлением  $R_k$  и труба водопровода с сопротивлением  $R_{вод}$ . Тип заземлителя задан. Длина заземлителя из уголка 50×50×5 и трубы диаметром 50 мм- 2,5 м, из прутка диаметром 12 мм-5 м

Вариант Исходные дан- ные	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина пери- метра ТП $L_{подст}$ , М	150	200	180	160	170	190	210	220	230	250
Удельное со- противление грунта $\rho$ , Ом*м	700	300	100	50	40	20	40	100	300	700
Сопротивление металлических оболочек кабе- лей $R_k$ , Ом	1,5	1,2	1,3	1,4	1	0,9	0,8	1,6	1,7	1,8
Сопротивление труб водопро- вода $R_{вод}$ , Ом	1,2	2	1,8	1,6	1,4	1,5	1,7	1	0,9	0,8
Тип заземлителя	труба	уголок	прут	труба	уголок	прут	труба	уголок	прут	труба

## Инструкционная карта практического занятия №41

**Тема занятия:** Изучение конструкции быстродействующего выключателя ВАБ-28

**Цель занятия:** Изучить конструкцию, работу и схему управления высоковольтного выключателя ВАБ-28

**Для выполнения работы обучающийся должен знать:**

1. Назначение быстродействующих выключателей постоянного тока, их классификация, коэффициент токоограничения.
2. Устройство быстродействующего выключателя.
3. Работа быстродействующего выключателя при включении и отключении вручную, отключении при КЗ или перегрузке.
4. Назначение механизма свободного расцепления и его действие.
5. Схему управления высоковольтным выключателем ВАБ-28, назначение и работу реле блокировки.

**Оборудование:** Быстродействующий выключатель ВАБ-28

### Ход занятия

1. Изучить работу быстродействующего выключателя ВАБ-28 по рисунку 1
  - 1.1 Составить спецификацию деталей быстродействующего выключателя ВАБ-28 по рисунку 1
2. Описать назначение механизма свободного расцепления выключателя
3. Описать включение и отключение выключателя вручную, отключение выключателя при КЗ или перегрузке
4. Изучить схему управления высоковольтным выключателем и его сигнализацию. Назначение и действие каждого элемента схемы по рисунку 2
5. Описать назначение и действие реле блокировки от многократных включений выключателя по рисунку 2
6. Сделать заключение о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назначение быстродействующего выключателя?
2. В чем отличие поляризованных и неполяризованных выключателей?
3. Назначение и работа механизма свободного расцепления в выключателе ВАБ-28?
4. Назначение и работа реле блокировки от многократных выключателей?



## Инструкционная карта практического занятия №42

**Тема занятия:** Изучение конструкции быстродействующего выключателя ВАБ-43

**Цель занятия:** Изучить конструкцию, работу и схему управления высоковольтного выключателя ВАБ-43

**Для выполнения работы обучающийся должен знать:**

1. Назначение быстродействующих выключателей постоянного тока, их классификация, коэффициент токоограничения.
2. Устройство быстродействующего выключателя.
3. Работа быстродействующего выключателя при включении и отключении вручную, отключении при КЗ или перегрузке.
4. Назначение индуктивного шунта выключателя.
5. Название предварительного положения выключателя и за счет чего оно отключается.
6. Схему управления высоковольтным выключателем ВАБ-28, назначение и работу реле блокировки.

**Оборудование:** дугогасительная камера выключателя, выключатель ВАБ-43, плакаты

### Ход занятия

1. Изучить работу быстродействующего выключателя типа ВАБ-43 по
2. рисунку 1
  - 2.1 Составить спецификацию деталей быстродействующего выключателя типа ВАБ-43 по рисунку 1
3. Описать назначение индуктивного шунта
4. Описать назначение механизма свободного расцепления выключателя
5. Описать включение и отключение выключателя вручную, отключение выключателя при КЗ или перегрузке по рисунку 2
6. Изучить схему управления высоковольтным выключателем и его сигнализацию, назначение и действие каждого элемента схемы по рисунку 3
7. Описать назначение и действие реле блокировки от многократных включений выключателя по рисунку 3
8. Сделайте заключение о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назначение быстродействующего выключателя?
2. В чем заключается токоограничение быстродействующего выключателя?
3. Для чего предназначен индуктивный шунт?
  4. Для чего предназначен механизм свободного расцепления?
5. Каким образом осуществляется блокировка от многократных выключателей и её назначение?

## Инструкционная карта практического занятия №43

**Тема занятия:** Исследование конструкции быстродействующего выключателя ВАБ-49

**Цель занятия:** Изучить конструкцию, работу и схему управления высоковольтного выключателя ВАБ-49

**Для выполнения работы обучающийся должен знать:**

1. Назначение быстродействующих выключателей постоянного тока, их классификация, коэффициент токоограничения быстродействующих выключателей.

2. Устройство быстродействующего выключателя ВАБ-49.

3. Работа быстродействующего выключателя при включении и отключении вручную, отключении при КЗ или перегрузке.

4. Назначение и работу механизма свободного расцепления выключателя.

5. Схему управления высоковольтным выключателем ВАБ-49, назначение и работу реле блокировки.

**Оборудование:** Лабораторный стенд с выключателем ВАБ-49

### Ход занятия

1. Изучить быстродействующий выключатель ВАБ-49 по рисунку 1
  - 1.1 Составить спецификацию деталей быстродействующего выключателя ВАБ-49 по рисунку 1
2. Описать назначение механизма свободного расцепления выключателя
3. Описать включение и отключение выключателя вручную, отключение выключателя при КЗ или перегрузке
4. Изучить схему управления высоковольтным выключателем и его сигнализацию, назначение и действие каждого элемента схемы по рисунку 2
5. Описать назначение и действие реле блокировки от многократных включений выключателя по рисунку 2
6. Сделать заключение о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Назначение быстродействующего выключателя?
2. В чем заключается токоограничение быстродействующего выключателя?
3. Для чего предназначен механизм свободного расцепления?
4. В чем различие между поляризованными и неполяризованными выключателями, их область применения?

## Инструкционная карта лабораторной работы №49

**Тема занятия:** Исследование мостовой трехфазной схемы выпрямления

**Цель занятия:** Определить практически соотношения напряжения и токов в шестипульсной трехфазной мостовой схеме

**Оборудование:** Контакттор трёхполюсный 1К; контакттор однополюсный 2К; трансформатор Т; диоды; лампы сигнальные красные ЛК1 и ЛК2; лампы сигнальные зеленые ЛЗ1 и ЛЗ2; кнопочные станции КС1 и КС2; нагрузочные сопротивления и соответственно реостат R1и R2; вольтметр электромагнитный V1; амперметр электромагнитный A1; вольтметр магнитоэлектрический V2; амперметр магнитоэлектрический A2; соединительные провода; отвертка.

### Ход работы

1. Собрать схему шестипульсной мостовой схемы выпрямления на диодах
2. После проверки схемы преподавателем, произвести работу в следующем порядке:
  - 2.1 Включить 1К
  - 2.2 Включить контакттор 2К
  - 2.3 Изменяя нагрузку реостатом R1, снять пять показаний приборов и занести в таблицу1
3. Выключить контакттор 1К, а затем 2К
4. Вычислить соотношение напряжений  $K_v$  и токов  $K_I$ , каждого измерения, вычислить среднее значение  $K_{v\text{ср}}$  и  $K_{I\text{ср}}$  по формуле:
$$K_{v\text{ср}} = (K_{v1} + K_{v2} + K_{v3} + K_{v4} + K_{v5})/n;$$
$$K_{I\text{ср}} = (K_{I1} + K_{I2} + K_{I3} + K_{I4} + K_{I5})/n,$$
где  $n = 5$ .
5. Сделать заключение о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

1. Что называется мостовой схемой?
2. Закон работы диодов в анодной и катодной группах?
3. Сколько диодов работают одновременно, как они включены, продолжительность работы диода за время периода?
4. Продолжительность работы фазы трансформатора за время периода?
5. Для заданного момента времени указать работающие диоды в анодной и катодной группах.

## Инструкционная карта лабораторной работы №50

**Тема занятия:** «Исследование схемы РУ-3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока»

**Цель занятия:** Изучить схему РУ-3,3 кВ тяговой подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:**

- 1.Схему РУ-3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока.
- 2.Исполнение и назначение секционирования рабочих шин РУ-3,3 кВ.
- 3.Назначение запасной шины и запасного выключателя РУ-3,3 кВ.
- 4.Подготовку рабочих мест на присоединении РУ-3,3 кВ.
- 5.Защиту РУ-3,3 кВ от перенапряжения.
- 6.Назначение и работу разрядного устройства.
- 7.Назначение короткозамыкателя в РУ-3,3 кВ.

**Оборудование:**схема РУ-3,3 кВ, макет ячейки фидера контактной сети.

### Ход работы

- 1.Описать схему РУ-3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока по рисунку 1
- 2.Описать, как производится вывод в ремонт I и III секции шин по рисунку 1
- 3.Описать, какие переключения производятся в РУ-3,3 кВ при выводе в ремонт выключателя фидера контактной сети с заменой его через запасной выключатель по рисунку 1
- 4.Описать назначения сглаживающего устройства и разрядного устройства, подключенного параллельно реактору по рисунку 1
- 5.Сделать выводы о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

- 1.Объясните, для чего выполнено секционирование рабочих шин РУ-3,3 кВ и почему не секционируется минусовая шина?
- 2.Объясните назначение обходного (запасного) выключателя?
- 3.Почему сглаживающее устройство подключается к РУ-3,3 кВ через переключатель?
- 4.Объясните назначение разрядников, подключенных к фидеру контактной сети и к шинам РУ-3,3 кВ?
- 5.В чем отличие выключателей фидера контактной сети и преобразователя?

## **Инструкционная карта лабораторной работы №51**

**Тема занятия:** «Исследование схемы земляной защиты»

**Цель занятия:** Изучить схему земляной защиты РУ-3,3 кВ»

**Для выполнения работы студент должен знать:**

- 1.Схему земляной защиты РУ-3,3 кВ.
- 2.Почему обязательно применение земляной защиты в РУ-3,3 кВ для защиты от тока замыкания на землю.
- 3.Знать, чем вызвано отключение земляной защиты мачтовых разъединителей фидеров контактной сети при ее срабатывании, не предназначенных для отключения токов КЗ.
- 4.Каким образом производится одновременное отключение всех выключателей РУ-3,3 кВ при срабатывании земляной защиты.
- 5.Назначение короткозамыкателя в схеме РУ-3,3 кВ.
- 6.Назначение кнопки деблокировки земляной защиты.

**Оборудование:** Лабораторный стенд «Земляная защита РУ-3,3 кВ», плакат «Земляная защита РУ-3,3 кВ»

### **Ход работы**

- 1.Описать схему земляной защиты РУ-3,3 кВ по рисунку 1
- 2.Описать, почему обязательно применение земляной защиты при замыканиях на землю в РУ-3,3кВ
- 3.Описать, почему при срабатывании земляной защиты отключаются мачтовые разъединители фидеров КС по рисунку 1
4. Изучить роль короткозамыкателя в схеме земляной защиты РУ-3,3 кВ по рисунку 1
- 5.Изучить назначение кнопки деблокировки земляной защиты
- 6.Сделать выводы о проделанной работе

### **Контрольные вопросы**

- 1.В чем заключается принцип действия земляной защиты РУ-3,3 кВ?
- 2.Чем вызвано применение земляной защиты при КЗ на землю в РУ-3,3 кВ?
- 3.Каким образом все быстродействующие выключатели отключаются защитой одновременно?
- 4.Почему необходимо отключение мачтовых разъединителей фидеров КС при срабатывании земляной защиты?
- 5.Назначение кнопки деблокировки земляной защиты?

## Инструкционная карта лабораторная работа №52

**Тема занятия:** Исследование схемы ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции

**Цель занятия:** Изучить схему ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:**

1. Схему РУ-ОРУ-110 (220) кВ опорной тяговой подстанции.
2. Исполнение и назначение ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции.
3. Назначение обходной системы шин ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции.
4. Защиту ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции от перенапряжения.

**Оборудование:** методические указания, учебник В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Описать схему ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции по рисунку 1
2. Описать, как производится вывод в ремонт выключателя Q2 трансформатора Т1 по рисунку 1
3. Описать ввод в работу выключателя Q2 трансформатора Т1 по рисунку 1
4. Назначение трехобмоточных трансформаторов Т1 и Т2 по рисунку 1
5. Сделать выводы о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

1. Объясните, как секционируется схема ОРУ-110 (220) кВ тяговой подстанции?
2. Описать, как производится вывод в ремонт выключателя Q2 трансформатора Т1?
3. Для чего применяют ОПН-110?
4. Для чего служат трансформаторы напряжения?

## Инструкционная карта практического занятия №53

**Тема занятия:** Изучение конструкции РУ-27,5 кВ

**Цель занятия:** Изучить схему РУ-27,5 кВ тяговой подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:**

1. Схему РУ-27,5 кВ.
2. Исполнение и назначение секционирования рабочих шин РУ-27,5 кВ.
3. Назначение обходной шины и запасного выключателя РУ-27,5 кВ.
4. Защиту РУ-27,5 кВ от перенапряжения.

**Оборудование:** методические указания, учебник В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

1. Описать схему РУ-27,5кВ тяговой подстанции переменного тока по рисунку 1
2. Описать, как производится вывод в ремонт выключателя Q6 первого фидера по рисунку 1
3. Описать, какие переключения производятся в РУ-27,5кВ при выводе в ремонт первой секции шин фидера контактной сети с заменой его через вторую секцию и запасной выключатель по рисунку 1
4. Описать питание нетяговых линейных потребителей и собственных нужд подстанции по рисунку 1
5. Сделать выводы о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

1. Объясните, для чего выполнено секционирование рабочей системы шин, фаз *aib* РУ-27,5 кВ?
2. Что присоединяется к рабочей системы фазы *c*?
3. Объясните назначение разрядников, подключенных к вводам и в ячейках 7 и 10 РУ-27,5 кВ?
4. Для чего между фазами *a* и *b* разъединители заблокированы?
5. Почему в схеме используют вакуумные выключатели?
6. Как происходит вывод в ремонт выключателя Q7 второго фидера?

## Инструкционная карта практического занятия № 54

**Тема занятия:** Расчет мощности тяговой подстанции переменного тока и выбор силовых трансформаторов

**Цель занятия:** Научиться рассчитывать мощность тяговой подстанции и выбирать их понижительные трансформаторы, пользоваться справочной литературой

**Для выполнения работы студент должен знать:** Порядок расчета мощности на тягу поездов тяговых подстанций постоянного и переменного тока; расчет мощности на шинах 27,5 кВ тяговых подстанций переменного тока и на шинах РУ-10(35)кВ тяговых подстанциях постоянного тока; расчет полной мощности районных потребителей тяговых подстанций, порядок выбора понижающих трансформаторов

**Оборудование:** В.И. Кожунов Устройство электрических подстанций: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 402 с.

### Ход работы

#### 1. Мощность на тягу поездов

а) тяговой подстанции постоянного тока,  $S_{\text{тяг}}$ , кВА, рассчитывается по формуле(1)

$$S_{\text{тяг}} = 1,05 \cdot U_{\text{дном}} \cdot I_{\text{дтп}}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{тяг}}$  – мощность на тягу поездов, кВА;

$U_{\text{дном}}$  – напряжение на шинах, равно 3,3 кВ;

$I_{\text{дтп}}$  – действующее значение выпрямленного тока тяговой подстанции, А.

Расчетное количество преобразовательных агрегатов

$N_{\text{расч}}$ , рассчитывается по формуле(2)

$$N_{\text{расч}} = \frac{I_{\text{дтп}}}{I_{\text{дном}}}, \quad (2)$$

где  $I_{\text{дном}}$  – номинальный выпрямленный ток выпрямителя, А.

Необходимая мощность преобразовательного трансформатора определяется по условию

$$S_{\text{ном.т.}} \geq \frac{S_{\text{тяг}}}{N},$$

где  $N$  – выбранное число преобразовательных агрегатов на тяговой подстанции

б) тяговой подстанции переменного тока,  $S_{\text{тяг}}$ , рассчитывается по формуле (3)

$$S_{\text{тяг}} = U_{\text{ш}} (2I_{\text{д}'} + 0,65I_{\text{д}''}) \times K_{\text{нр}} \times K_{\text{ку}} \times K_{\text{м}}, \quad (3)$$

где  $U_{\text{ш}}$  – напряжение на шинах РУ 27,5 кВ, кВ;

$I_{\text{д}'}$  – действующее значение тока наиболее загруженного плеча питания тяги, А;

$I_{\text{д}''}$  – действующее значение тока наименее загруженного плеча питания тяги, А;



$K_{нр}$  – коэффициент неравномерности нагрузки фаз трансформатора, принимаемый 0,9;

$K_{ку}$  – коэффициент компенсирующего устройства, учитывающий снижение требуемой мощности на тягу поездов при работе компенсирующего устройства, принимаемый 0,3;

$K_m$  – коэффициент влияния на износ изоляции обмоток трансформатора неравномерности движения поездов в течение суток, принимаемый равным 1,45- для двухпутных участков и 1,25- для однопутных

## 2. Мощность на шинах

а) 27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока рассчитывается по формуле (4)

$$S_{27,5} = S_{тяг} + S_{тсн} + S_{дпр}, \quad (4)$$

где  $S_{тяг}$  – мощность на тягу поездов, кВА;

$S_{дпр}$  – мощность нетяговых потребителей, питающихся от шин 27,5кВ по фидерам ДПР;

$S_{тсн}$  – номинальная мощность трансформатора собственных нужд.

б) на шинах 10(35)кВ тяговой подстанции постоянного тока рассчитывается по формуле (5)

$$S_{ш10(35)} = (N * S_{ном.т.} + S_{макс.р.н.} + S_{тсн}) * K_p', \quad (5)$$

где  $S_{ш10(35)}$  – мощность на шинах 10 или 35 кВ тяговой подстанции постоянного тока, от которых питается тяга поездов;

$N$  – количество преобразовательных агрегатов на подстанции;

$S_{ном.т.}$  – номинальная мощность преобразовательного трансформатора, кВА;

$S_{тсн}$  – номинальная мощность трансформатора собственных нужд;

$K_p'$  – коэффициент разновременности максимумов районной и тяговой нагрузки,  $K_p' = 0,95 \dots 0,98$ ;

$S_{макс.р.н.}$  – максимальная мощность районной нагрузки с учетом потерь в сетях трансформатора, кВА

## 3. Выбор понижающих трансформаторов

$$S_{max} = K_{рм} * \left( 1 + \frac{P_{пост} + P_{пер}}{100} \right) * \sqrt{\sum P_{max}^2 + \sum Q_{max}^2},$$

Расчетная мощность первичной обмотки трансформатора 110(220)кВ определяется по формуле (6)

$$S_{расч.110} = [S_{ш27,5} + S_{ш35}] * K_p', \quad (6)$$

где  $S_{ш27,5(10)}$  – мощность на шинах 10(27,5) кВ, от которых получают питание тяговые трансформаторы преобразовательных агрегатов или непосредственно тяга поездов, кВА;

$S_{ш35(10)}$  – мощность районных потребителей, питающихся от шин 35 или 10кВ, кВА;

$K_p'$  – коэффициент разновременности максимумов тяговой и районной нагрузок,  $K_p' = 0,95 \div 0,98$ .

Номинальная мощность понизительного трансформатора определяется по формуле(7)

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{\text{расч100}}}{1,4}, \quad (7)$$

где 1,4- допустимый коэффициент перегрузки трансформатора

Для тяговых подстанций постоянного тока с двух обмоточными трансформаторами,  $S_{\text{ном}}$ , определяется по формуле (8)

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{\text{ш10(35)}}}{1,4}, \quad (8)$$

3.1 Произвести выбор понижающих трансформаторов тяговой подстанции постоянного тока с первичным напряжением 110 кВ, если известно:

- напряжение на шинах постоянного тока;
- действующее значение выпрямленного тока тяговой подстанции;
- тип преобразовательного агрегата;
- характеристики районных потребителей.

Используя исходные данные таблиц 1,2

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант №				
	1	2	3	4	5
Питающее напряжение подстанции $U_{\text{ном}}$ , кВ	110	110	110	110	110
Напряжение на шинах постоянного тока $U_{\text{д ном}}$ , кВ	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Действующее значение выпрямленного тока тяговой подстанции $I_{\text{д.тп}}$ , А	6200	6000	5800	5900	5600
Преобразовательный агрегат типа	ТПЕД-3150-3,3к-у1	ТПЕД-3150-3,3к-у1	ТПЕД-3150-3,3к-у1	ТПЕД-3150-3,3к-у1	ТПЕД-3150-3,3к-у1

Таблица 2 Характеристика потребителей

Исходные данные	Вариант				
	1	2	3	4	5
Потребитель 1					
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВ	4000	4500	1800	500	1850
Коэффициент спроса $K_c$	0,51	0,58	0,65	0,31	0,5
Коэффициент мощности $K_m$	0,93	0,93	0,92	0,92	0,93
Напряжение потребителя $U_{2 \text{ ном}}$ , кВ	10	10	10	10	10
Потребитель 2					
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВ	3800	600	750	2800	2000

Коэффициент спроса $K_c$	0,42	0,69	0,45	0,3	0,4
Коэффициент мощности $K_m$	0,94	0,92	0,93	0,92	0,93
Напряжение потребителя $U_{2\text{ ном}}$ , кВ	10	10	10	10	10
<b>Потребитель 3</b>					
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВ	1600	2500	1200	800	2200
Коэффициент спроса $K_c$	0,65	0,33	0,48	0,62	0,66
Коэффициент мощности $K_m$	0,93	0,92	0,92	0,94	0,93
Напряжение потребителя $U_{2\text{ ном}}$ , кВ	10	10	10	10	10
Мощность трансформатора собственных нужд $S_{\text{ном. ТСН}}$ , кВА	100	40	250	25	400

3.2 Произвести выбор понижающих трансформаторов тяговой подстанции переменного тока с первичным напряжением 110 кВ, если известно:

- напряжение на шинах РУ- 27,5 кВ;
- действующее значение токов плеч питания тяги;
- участок двухпутный;
- характеристики районных потребителей.

Используя исходные данные таблиц 1,2

Таблица 1 Исходные данные

Исходные данные	Вариант				
	6	7	8	9	10
Питающее напряжение подстанции $U_{\text{ном}}$ , кВ	110	110	110	110	110
Напряжение на шинах РУ – 27,5 кВ $U_{\text{ш}}$ кВ	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
Действующее значение наиболее загруженного плеча (фазы) питающей тяги $A I'_d$	500	550	450	400	380
Действующее значение наименее загруженного плеча (фазы) питания тяги $A I''_d$	300	325	300	290	250

Таблица 2 Характеристика потребителей

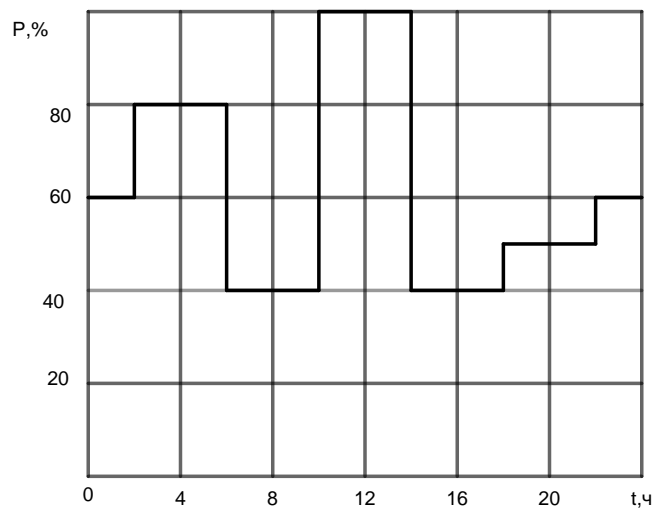
Исходные данные	Вариант №				
	6	7	8	9	10
<b>Потребитель 1</b>					
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВ	3000	4100	1800	1200	2500
Коэффициент мощности $K_m$	0,64	0,7	0,5	0,71	0,65

Коэффициент мощности $K_m$	0,92	0,93	0,92	0,94	0,93
Напряжение потребителя $U_{2 \text{ ном}}$ , кВ	10	10	10	10	10
<b>Потребитель 2</b>					
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВ	6000	7000	5000	3000	1600
Коэффициент спроса $K_c$	0,67	0,61	0,59	0,6	0,7
Коэффициент мощности $K_m$	0,93	0,92	0,93	0,92	0,94
Напряжение потребителя $U_{2 \text{ ном}}$ , кВ	10	10	10	10	10

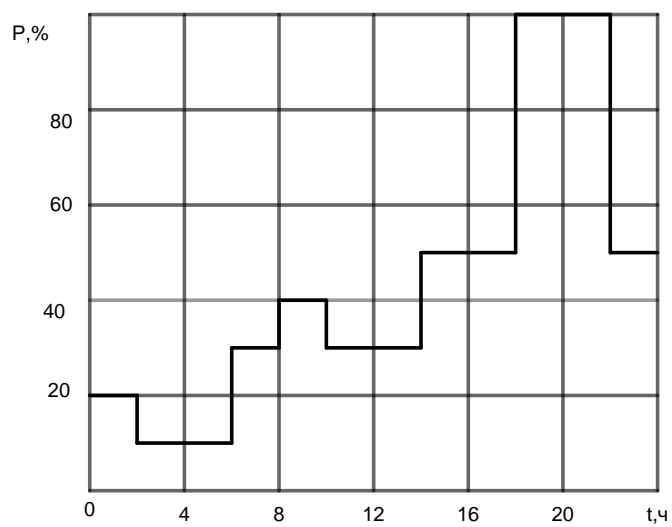
Продолжение таблицы 2 Характеристика потребителей

Исходные данные	Вариант				
	6	7	8	9	10
<b>Потребитель 3</b>					
Установленная мощность $P_{\text{уст}}$ , кВ	1600	2500	2200	2400	1400
Коэффициент спроса $K_c$	0,65	0,33	0,48	0,62	0,6
Коэффициент мощности $K_m$	0,93	0,93	0,94	0,93	0,92
Напряжение потребителя $U_{2 \text{ ном}}$ , кВ	10	10	10	10	10
Мощность трансформатора собственных нужд $S_{\text{ном. ТСН}}$ , кВА	100	63	40	250	100
Максимальная мощность потребителей, питающих от линии ДПР $S_{\text{макс. ДПР}}$ , кВА	5000	4500	7000	6000	6500

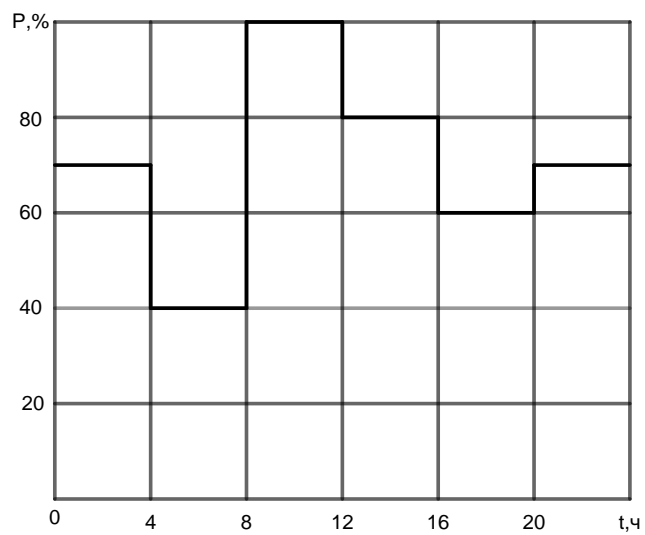
6. Сделать вывод о проделанной работе



Потребитель 1



Потребитель 2



Потребитель 3

Рисунок 1 Типовые графики нагрузок потребителей



## **Инструкционная карта практического занятия №59**

**Тема занятия:** Составление технологической карты на ремонт высоковольтного выключателя переменного тока

**Цель занятия:** Научиться составлять технологические карты на ремонт оборудования электроустановок

**Для выполнения работы студент должен знать:** Технологию ремонта высоковольтных масляных выключателей переменного тока. Назначение технологической карты

**Оборудование:** выключатели ВМП-10, инструкционная карта

### **Ход работы**

1. Изучить технологию текущего ремонта выключателя ВМП-10 по учебнику
2. Определить состав исполнителей для выполнения работы
3. Определить условия выполнения работ
4. Определить необходимые защитные средства, приборы, инструмент, приспособления и материалы
5. Определить какие подготовительные работы должны быть выполнены перед началом работы и произведен допуск к работе
6. Заполнить таблицу схемы последовательного технологического процесса
7. Описать окончание работы по технологической карте
8. Сделать вывод о проделанной работе

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое технологическая карта?
2. Какие разделы должны быть предусмотрены в технологической карте?
3. Для чего предназначены технологические карты?

## Инструкционная карта практического занятия №60

**Тема занятия:** Составление план проведения работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок

**Цель занятия:** Научиться составлять месячный план технического обслуживания оборудования тяговой подстанции

**Для выполнения работы студент должен знать:** Годовой график планово-предупредительных ремонтов, виды работ предусмотренных годовым графиком ППР, осмотры оборудования, ремонт оборудования и его виды, испытание оборудования, опробование оборудования

**Оборудование:** Инструкционная карта практического занятия годовой график планово-предупредительных работ тяговой подстанции Возы на 2015 год, ведомость учета выполненных работ за месяц (форма ЭУ-99 0361847)

### Ход работы

1. Объяснить, что такое годовой график планово-предупредительных работ тяговой подстанции
2. Ознакомьтесь с годовым графиком планово-предупредительных работ тяговой подстанции Возы на 2015 год. Какие виды работ предусмотрены в графике. Ознакомьтесь с ведомостью учета о выполнении работ за месяц. Дни месяца года, указанного преподавателем, выберите работы из годового графика планово-предупредительных работ тяговой подстанции Возы на 2015 год и перенесите их в эксплуатационный план ведомости учета выполненных работ за указанный месяц 2015 г. с указанием наименования работ, измерителя, количества норм времени на измеритель и всего по плану
3. Описать какие работы дополнительно могут быть внесены в месячный план работы тяговой подстанции и когда?
4. Сделать вывод о проделанной работе

### Контрольные вопросы

1. Что такое годовой график ППР электроустановки?
2. Какие виды работ входят в годовой график ППР электроустановки?
3. Что такое ремонт по фактическому состоянию оборудования?
4. Какие работы дополнительно включаются в месячный план работ тяговой подстанции?



**Лист  
согласования**

**Дополнения и изменения к ФОС на учебный год**

Дополнения и изменения к ФОС на учебный год по профессиональному модулю ПМ.02. Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей

В комплект ФОС внесены следующие изменения:

Обновлен перечень практических и лабораторных занятий по МДК 02.03 Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения, МДК 02.02 Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения.

Дополнения и изменения в ФОС обсуждены на заседании ЦК специальных дисциплин специальности *13.02.07. Электроснабжение (по отраслям)*

«27» июня 2022г. (протокол № 11).

Председатель ЦК/ Сосков А.В./