

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комарова Светлана Юриевна

Должность: Профессор по образовательной деятельности

Дата подписания: 29.10.2023 20:41:26

Уникальный программный ключ:

43ba41f5deae4116bbfcb9ac98e39108031227e81add207cbee414912698d7a

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»  
Тарский филиал  
Отделение СПО**

-----  
**ППСС3 по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по освоению учебной дисциплины  
**ПМ.02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных  
предприятий**

Обеспечивающая преподавание дисциплины подразделение - отделение СПО

Разработчики, преподаватель

Усков С.В.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Материалы по теоретической части дисциплины	4
1.1. Информационное обеспечение обучения	4
1.2. Тематический план теоретического обучения	4
2. Материалы по лабораторным, практическим занятиям	7
2.1. Методические указания по выполнению лабораторных, практических работ по дисциплине	7
2.2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся	14
2.3. Написание конспектов по изучаемым темам	14
2.4. Методические указания по написанию курсового проекта по МДК 02.01 Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций	16
3. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу	18
3.1. Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины	18
3.2. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины	18
3.2.1. Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины	18
3.2.2. Шкала и критерии оценивания ответов на тестовые вопросы тестированию по итогам освоения дисциплины	18

## **ВВЕДЕНИЕ**

1. Настоящее издание является основным организационно-методическим документом учебно-методического комплекса по дисциплине в составе программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ). Оно предназначено стать для них методической основой по освоению данной дисциплины.

2. Содержательной основой для разработки настоящего издания послужила Рабочая программа учебной дисциплины, утвержденная в установленном порядке.

3. Методические аспекты настоящего издания развиты в учебно-методической литературе и других разработках, входящих в состав УМК по данной дисциплине.

4. Доступ обучающихся к электронной версии Методических указаний по изучению дисциплины, обеспечен в информационно-образовательной среде университета.

При этом в электронную версию могут быть внесены текущие изменения и дополнения, направленные на повышение качества настоящих методических указаний до их переиздания в установленном порядке.

### **Уважаемые обучающиеся!**

Приступая к изучению новой для Вас учебной дисциплины, начните с вдумчивого прочтения разработанных для Вас специальных методических указаний. Это поможет Вам вовремя понять и правильно оценить ее роль в Вашем образовании.

Ознакомившись с организационными требованиями отделения среднего профессионального образования по этой дисциплине и соизмерив с ними свои силы, Вы сможете сделать осознанный выбор собственной тактики и стратегии учебной деятельности, уберечь самих себя от неразумных решений по отношению к ней в начале семестра, а не тогда, когда уже станет поздно. Используя это издание, Вы без дополнительных осложнений подойдете к семестровой аттестации по этой дисциплине. Успешность аттестации зависит, прежде всего, от Вас. Ее залог – ритмичная, целенаправленная, вдумчивая учебная работа, в целях обеспечения которой и разработаны эти методические указания.

## Материалы по теоретической части дисциплины

### 1.1. Информационное обеспечение обучения: Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет ресурсов, дополнительной литературы, справочные и дополнительные материалы по дисциплине

Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие / Н. К. Полуянович. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 396 с. — ISBN 978-5-8114-1201-3. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112060> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Сибикин Ю. Д. Технология электромонтажных работ : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 352 с. — ISBN 978-5-00091-631-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1771886> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Щербаков Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве : учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-3114-4. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130498> – Режим доступа: для авториз. пользователей

Хорольский В. Я. Эксплуатация систем электроснабжения : учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 288 с. — ISBN 978-5-16-014458-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1372885> – Режим доступа: для авториз. пользователей

Горемыкин С. А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / С.А. Горемыкин. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 191 с. — ISBN 978-5-16-015743-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839650> – Режим доступа: для авториз. пользователей

Грунтович Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учебное пособие / Н.В. Грунтович. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2021. — 271 с. — ISBN 978-5-16-015611-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1220172> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

Немировский А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. - 4-е изд., доп. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 174 с. - ISBN 978-5-9729-0404-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168656> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Онищенко Г. Б. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения : учебное пособие / Г.Б. Онищенко, О.М. Соснин. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — ISBN 978-5-16-015776-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1864121> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Суворин А.В. Монтаж и эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения : учебное пособие / А.В. Суворин. - Красноярск, 2018. - 400 с. - ISBN 978-5-7638-3813-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032101> – Режим доступа: для авториз. пользователей

Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения : учебное пособие / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов - Ставрополь, 2018. - 168 с. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/976989> – Режим доступа: для авториз. пользователей

Назарычев А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов / под ред. А.Н. Назарычева - Москва : Инфра-Инженерия, 2016. - 928 с. - ISBN 5-9729-0004-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5972900041.html> – Режим доступа: для авториз. пользователей

Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 136 с. — ISBN 978-5-16-013424-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1840089> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Электрооборудование: эксплуатация и ремонт: научно-практический журнал. – Москва. - ISSN 2074-9635. — Текст : непосредственный.

Электроцех : производственно-технический журнал / Научно-образовательное учреждение "Академия технических наук". - Москва. - ISSN 2074-9651 — Текст : непосредственный.

### 1.2. Тематический план теоретического обучения

# **МДК 02.01 МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

## **Раздел 1. Введение. Общие сведения об электроснабжении сельского хозяйства.**

Тема 1 Технологический процесс производства, распределения и потребления электрической энергии. Типы электростанций и подстанций

Тема 2 Задачи сельского электроснабжения. Источники и схемы электроснабжения с/х потребителей. Надежность электроснабжения. Современное состояние электроснабжения предприятий и населенных пунктов.

## **Раздел 2. Внутренняя электропроводка**

Тема 1 Токопроводящие и изолирующие материалы. Допустимая температура нагрева. Внутренние электропроводки, их виды и зависимость от типа помещения.

Тема 2 Выполнение схем провода, условные обозначения. Защита электрического оборудования от короткого замыкания и перегрузок.

Тема 3 Выбор плавких вставок предохранителей, автоматов. Выбор сечения проводов и кабелей.

## **Раздел 3. Устройство и монтаж воздушных ЛЭП**

Тема 1 Неизолированные провода, применяемые в воздушных ЛЭП. Изоляторы и арматура воздушных линий. Конструкция и особенности выполнения воздушных линий

Тема 2 Понятие о механических нагрузках на провода и изоляторы. Электрические нагрузки в жилых домах, производственных и общественных помещениях.

## **Раздел 4. Потери напряжений в электросетях**

Тема 1 Графики нагрузок. Годовой график продолжительности максимальной нагрузки, время использования максимальной нагрузки. Время максимальных потерь

Тема 2 Коэффициент мощности нагрузки. Определение потерь энергии в трансформаторе и ЛЭП. Причины падения и потерь напряжения

## **Раздел 5. Расчет электросетей**

Тема 1 Экономическая плотность тока и как ее используют при выборе проводов. Определение площади поперечных сечений при различных дополнительных условиях. Проверка сети.

Тема 2 Что такое замкнутая сеть? Распределение токов и мощностей в замкнутой сети. Точка токораздела. Что такое уравнивающий ток и что он выравнивает?

## **Раздел 6. Токи короткого замыкания**

Тема 1 Принципы и виды к.з. Начальный период к.з.. Расчет токов к.з. в системе с неограниченной мощностью

Тема 2 Составление схем замещения. Назначение и методы расчетов токов к.з.

Тема 3 Электродинамическое и термическое воздействие токов к.з. Влияние режимов нейтралей на величину токов к.з. и характер к.з.

## **Раздел 7. Основное оборудование трансформаторных подстанций**

Тема 1 Устройство высоковольтной аппаратуры и приводов к ней. Понятие о горении и гашении электрической дуги, способы ее гашения

Тема 2 Токоведущие части, контактные соединения, изоляторы РУ. Требования к высоковольтной аппаратуре

Тема 3 Разъединители и выключатели нагрузки, высоковольтные предохранители. Приводы к коммутационной аппаратуре.

Тема 4 Измерительные трансформаторы тока и напряжения, их устройство, типы, марки, назначение и область применения.

## **Раздел 8. Монтаж трансформаторных подстанций**

Тема 1 Источники и схемы электроснабжений сельскохозяйственных районов, надежность электроснабжения. Классификация потребителя. Нормы и средства надежности электроснабжения с/х потребителей

Тема 2 Главные схемы соединений. Районные ТП 35/10 кВ, их конструкции, схемы, распределения устройства.

Тема 3 Схемы и конструктивные устройства ТП 10/0,4 кВ. Назначение, классификация, устройство.

Тема 4 Резервные дизельные электростанции, главные схемы соединений, обслуживание

#### **Раздел 9. Релейная защита и автоматизация сельских электрических подстанций**

Тема 1 Классификации, устройство, работа реле. Требование к релейной защите. Схемы соединения трансформаторов тока и реле защиты

Тема 2 Источники оперативного тока. Релейная защита линии, максимальная токовая защита. Релейная защита трансформаторов. Защита трансформаторов предохранителями

Тема 3 Назначение и основные функции автоматических устройств. Автоматическое повторное включение (АПВ). Автоматическое включение резерва.

Тема 4 Виды устройства АВР и требования, предъявляемые к ним. Схема АВР секционного выключателя. Сигнализация и блокировка на подстанциях.

#### **Раздел 10. Техника безопасности при выполнении электромонтажных работ**

Тема 1 Меры безопасности при транспортировке оборудования и погрузочно-разгрузочных операциях.

Тема 2 Правила безопасности при монтаже электрических проводок, осветительных и облучательных установок.

Тема 3 Техническое мероприятие (вывешивание запрещающих плакатов, установка заземления, установка заземления в РУ)

### **МДК 02.02 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

#### **Раздел 1. Общие вопросы эксплуатации систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий**

Тема 1 Энергетическая служба в с.х. производстве. Организационная структура и принцип ее формирования

Тема 2 Организация эксплуатации, технического обслуживания и ремонта систем электроснабжения

Тема 3 Присоединение сельских потребителей к электросетям энергоснабжающих организаций и передача их в эксплуатацию

Тема 4 Взаимоотношения энергосберегающих организаций и потребителей электрической энергии в условиях рыночной экономики

#### **Раздел 2. Эксплуатация воздушных линий**

Тема 1 Общие требования к конструкции и элементной базе воздушных линий, ввод воздушных и кабельных линий в эксплуатацию

Тема 2 Техническое обслуживание воздушных и кабельных линий

Тема 3 Защита отходящих воздушных линий. Охрана воздушных и кабельных линий

Тема 4 Правила безопасности при эксплуатации воздушных и кабельных линий до 1000 В

#### **Раздел 3. Распределительные устройства напряжением выше 1000 В, особенности их эксплуатации**

Тема 1 Основные требования к РУ и задачи их эксплуатации. Эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики

Тема 2 Техническое обслуживание элементной базы силового оборудования РУ

Тема 3 Оперативные переключения в условиях напряжением выше 1000 В. Техническое обслуживание потребительских подстанций

Тема 4 Эксплуатация заземляющих устройств. Правила безопасности при эксплуатации РУ

#### **Раздел 4. Эксплуатация и ремонт внутренних электропроводок**

Тема 1 Правило эксплуатации и техническое обслуживание внутренних электропроводок

#### **Раздел 5. Заземляющие устройства и их эксплуатация**

Тема 1 Эксплуатация устройств заземления и зануления

Тема 2 Эксплуатация устройств выравнивания потенциалов

## **2. Материалы по лабораторным занятиям**

### **2.1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические указания по проведению лабораторных и практических занятий по профессиональному модулю ПМ. 02. Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий подготовлены для обучающихся специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства на основе действующих общегосударственных нормативно-методических материалов.

Лабораторные и практические работы выполняются в лаборатории: «электроснабжения сельского хозяйства».

## **МДК 02.01 МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

### **Раздел 2. Внутренняя электропроводка**

Лабораторное занятие № 1. Выполнение монтажа внутренней электропроводки на стенде

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области проведения монтажа электропроводки.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают порядок выполнения монтажа внутренней электропроводки с применением учебного стенда. Особое внимание уделяется технике безопасности при работе с электрическим током.

Лабораторное занятие № 2. Расчет и выбор сечения проводов внутренней электропроводки по нагреву

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области подбора и монтажа внутренних электропроводок.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают порядок выполнения монтажа внутренней электропроводки с применением учебного стенда. Особое внимание уделяется технике безопасности при работе с электрическим током, а также расчету сечения проводов по критерию нагрева.

Лабораторное занятие № 3. Составление плана схемы внутренней электропроводки

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области монтажа внутренних электропроводок.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают порядок выполнения монтажа внутренней электропроводки с применением учебного стенда. Особое внимание уделяется технике безопасности при работе с электрическим током, а также выполнению планов-схем внутренней электропроводки, облегчающих ее монтаж и диагностирование.

### **Раздел 3. Устройство и монтаж воздушных ЛЭП**

Лабораторное занятие № 1. Определение расчетных электрических нагрузок по участкам 0,38 кВ с

учетом « $K_0$ » и « $\Delta S$ »

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области расчета электрических нагрузок.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают порядок выполнения расчетов электрических нагрузок по отдельным участкам сетей. Выполнение практических расчетов.

Лабораторное занятие № 2. Изучение конструкции изоляторов и способов вязки проводов (шейка и головка изолятора)

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области использования изоляторов и работы с ними.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, а также способы вязки проводов на изоляторы. Отрабатывают практические навыки.

#### **Раздел 4. Потери напряжений в электросетях**

Лабораторное занятие № 1,2,3. Определение годовых потерь электроэнергии в линиях и силовых трансформаторах. Определение потерь напряжения в разветвленной сети переменного тока.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области практических

расчетов потерь электроэнергии.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают методики определения годовых потерь электроэнергии в линиях и силовых трансформаторах, а также разветвленных сетях переменного тока. Выполнение практических расчетов.

#### **Раздел 5. Расчет электросетей**

Лабораторное занятие № 1,2. Расчет сечения проводов ВЛ по допустимой потере напряжения, а

также по экономической плотности тока

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области практических расчетов сечений проводов при монтаже ВЛ.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают методики расчета сечений проводов ВЛ по двум критериям:

- по допустимой потере напряжения; - по экономической плотности тока.

Выполнение практических расчетов.

#### **Раздел 6. Токи короткого замыкания**

Лабораторное занятие № 1. Исследование масляных выключателей и приводов к ним

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы масляных выключателей.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы масляных выключателей. Разбирают устройство и характеристики приводов, используемых для работы данных выключателей. Отрабатывают навыки работы с оборудованием.

Лабораторное занятие № 2. Исследование разъединителей, выключателей нагрузки и приводов к ним

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы защитной аппаратуры от короткого замыкания.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы разъединителей, выключателей нагрузки. Разбирают устройство и характеристики приводов, используемых для работы данных механизмов. Отрабатывают навыки работы с оборудованием.

Лабораторное занятие № 3. Подключение приборов измерения эл. нагрузки через измерительные трансформаторы

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы измерительной аппаратуры.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы измерительных трансформаторов. Отрабатывают навыки работы с оборудованием.

Практическое занятие № 1. Расчет токов к.з. в именованных единицах.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области расчетов токов короткого замыкания.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают опасности появления токов короткого замыкания, а также производят расчеты данной величины в именованных единицах.



Практическое занятие № 2. Принцип работы масляных выключателей. Достоинства и недостатки. Обслуживание.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы масляных выключателей.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся рассказывают подготовленные сообщения по принципу работы масляных выключателей. Отмечают достоинства и недостатки конкретных видов и моделей, а также изучают алгоритмы проведения их технического обслуживания.

### **Раздел 7. Основное оборудование трансформаторных подстанций**

Практическое занятие № 1. Расчет и подбор высоковольтных предохранителей

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы высоковольтных предохранителей.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы высоковольтных предохранителей. Отрабатывают навыки расчета и подбора высоковольтных предохранителей в конкретных ситуациях.

Практическое занятие № 2. Измерительные трансформаторы в цепях учета - обслуживание индукционных счетчиков и цепей учета в электроустановках

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы измерительных трансформаторов в цепях учета.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы измерительного трансформатора. Исследуют их применение в цепях учета. Схемы подключения.

Практическое занятие № 3. Расчет и подбор изоляции электроустановок.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области применения изоляции, как способа защиты при работе электрооборудования.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают типы и характеристики изоляционных материалов. Исследуют их применение в электроустановках, а также осваивают методику расчета и подбора изоляции для конкретного электрооборудования.

### **Раздел 8. Монтаж трансформаторных подстанций**

Лабораторное занятие № 1. Исследование конструктивного устройства комплексной трансформаторной подстанции (КТП) 10/0,4кВ.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы комплексных трансформаторных подстанций.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы и безопасность при работе с комплексными трансформаторными подстанциями (КТП) 10/0,4 кВ. Отрабатывают навыки обслуживания и безопасной работы.

### **Раздел 9. Релейная защита и автоматизация сельских электрических подстанций**

Лабораторное занятие № 1. Исследование схем включения вторичных обмоток трансформаторов тока.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы трансформаторов.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы и безопасность при обращении с трансформаторами. Отрабатывают навыки обслуживания и безопасной работы, а также исследуют схемы включения вторичных обмоток в работу.

Лабораторное занятие № 2. Исследование максимальной токовой защиты с применением индукционного токового реле

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы токовой защиты электрооборудования.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают конструкцию, принцип работы и безопасность при применении индукционного токового реле. Отрабатывают навыки обслуживания и безопасной работы, а также исследуют схемы включения реле в систему токовой защиты.

Лабораторное занятие № 3. Исследование режимов работы линии электропередачи переменного тока при изменении коэффициента мощности нагрузки.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы линий электропередач переменного тока.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают возможные режимы работы линии электропередач переменного тока при изменениях коэффициента мощности нагрузки в безопасных диапазонах.

Лабораторное занятие № 4,5. Исследование релейной защиты высоковольтного электродвигателя, а также понижающего трансформатора.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы релейной защиты.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем изучают возможные режимы работы электродвигателей и понижающих трансформаторов с применением релейной защиты.

Лабораторное занятие № 6. Изучение работы коммутационных устройств.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы коммутационных устройств.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем изучают возможные режимы работы коммутационных устройств, их устройство, область применения и схемы возможного подключения.

## **Раздел 10. Техника безопасности при выполнении электромонтажных работ**

Практическое занятие № 1. Инструктажи и их проведение

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области обеспечения безопасности при работе с электрооборудованием.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся совместно с преподавателем, изучают типы, предназначение и состав инструктажей по технике безопасности. Отрабатывают практические навыки по их составлению и проведению в коллективе исполнителей.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ выполнения лабораторных и практических**

#### **заданий**

«**Отлично**» - выставляется студенту, знающему теоретические вопросы по всем темам дисциплины: основам правил построения чертежей и схем; способам графического представления пространственных образов; возможностях пакетов прикладных программ компьютерной графики в профессиональной деятельности; основным положениям конструкторской, технологической документации, нормативных правовых актов, а также основам строительной графики.

Владеющему основными принципами оформления проектно-конструкторской, технологической и другой технической документации в соответствии с действующей нормативной базой; выполнения изображений, разрезов и сечений на чертежах.

«**Хорошо**» - выставляется студенту, освоившему дисциплину в полном объеме, но затрудняющемуся при оформлении проектно-конструкторской, технологической и другой технической документации в соответствии с действующей нормативной базой; выполнении изображений, разрезов и сечений на чертежах.

«**Удовлетворительно**» - выставляется студенту, знающему ответы не на все теоретические вопросы и затрудняющемуся при решении практических вопросов и проведении практических действий, связанных с областью изучения дисциплины.

«**Неудовлетворительно**» - выставляется студенту, допустившему значительные пробелы в знании большинства тем дисциплины.

**МДК 02.02 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Раздел 1. Общие вопросы эксплуатации систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий**

Практическое занятие № 1. Выбор рациональной структуры электромеханической службы предприятий

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы служб электропредприятий.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся обсуждают заявленную тему в форме круглого стола, по заранее подготовленным ими сообщениям.

**Раздел 2. Эксплуатация воздушных линий**

Практическое занятие № 1. Изучение наиболее часто применяемых способов защиты воздушных линий. Их сравнение и характеристики

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области обслуживания воздушных линий электропередач.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся обсуждают заявленную тему в форме круглого стола, по заранее подготовленным ими сообщениям.

Лабораторное занятие № 1,2. Проведение исследования воздушных и кабельных линий в процессе эксплуатации.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области обслуживания воздушных и кабельных линий электропередач.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают режимы работы воздушных и кабельных линий электропередач. Описывают все физические и химические процессы, происходящие с проводниками, а также изучают методику проведения исследований данных линий на наличие потерь электроэнергии.

Лабораторное занятие № 3,4. Определение вида и места повреждения воздушной и кабельной линии

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области обслуживания воздушных и кабельных линий электропередач.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают режимы работы воздушных и кабельных линий электропередач. Описывают все физические и химические процессы, происходящие с проводниками, а также изучают методику проведения исследований данных линий на наличие потерь электроэнергии.

**Раздел 3. Распределительные устройства напряжением выше 1000 В, особенности их эксплуатации**

Практическое занятие № 1. Изучение марок трансформаторных масел. Свойства трансформаторного масла и обслуживание

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области применения трансформаторных масел.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают состав трансформаторного масла, способы его получения и технологические характеристики. Разучивают маркировки, а также алгоритмы обслуживания для поддержания в работоспособном состоянии.

Лабораторное занятие № 1,2. Устранение неисправностей оборудования РУ напряжением выше 1000 В. Проведение исследований оборудования РУ после ремонта

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы РУ напряжением выше 1000В.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают устройство и принцип работы РУ. Возможные дефекты и методики их устранения, для поддержания устройств в работоспособном состоянии.

Ознакамливаются с алгоритмами проверки таких устройств на работоспособность после ремонта.

Лабораторное занятие № 3. Проверка и испытание силового трансформатора при вводе его в эксплуатацию.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы силовых трансформаторов.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают устройство и принцип работы силовых трансформаторов. Больше внимание уделяется проверке и испытаниям, проводимым с данными трансформаторами при вводе в эксплуатацию.

Лабораторное занятие № 4. Испытание трансформаторного масла

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области работы силовых трансформаторов.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают устройство и принцип работы силовых трансформаторов. Больше внимание уделяется проверке и испытаниям, проводимым с данными трансформаторами при вводе в эксплуатацию, а также испытаниям трансформаторного масла по его пригодности к применению.

#### **Раздел 4. Эксплуатация и ремонт внутренних электропроводок.**

Лабораторное занятие № 1. Определение и устранение неисправностей внутренних электропроводок

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области обслуживания и ремонта внутренней электропроводки.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают алгоритмы диагностирования электропроводки помещений, с применением специализированной аппаратуры (индикаторы, мультиметры и тд.), отрабатываются практические навыки безопасной работы с проводкой.

Лабораторное занятие № 2. Устранение неисправностей в электроустановках специального назначения

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области обслуживания и ремонта электроустановок специального назначения.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают алгоритмы диагностирования электропроводки электроустановок специального назначения, с применением специализированной аппаратуры (индикаторы, мультиметры и тд.), отрабатываются практические навыки безопасной работы с электричеством при диагностировании и ремонте.

#### **Раздел 5. Заземляющие устройства и их эксплуатация.**

Лабораторное занятие № 1. Измерение сопротивления петли фаза – нуль.

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области проведения измерений напряжения и силы тока.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают алгоритмы проведения измерений параметров электрических сетей, с измерением и вычислением сопротивления петли фаза – нуль.

Практическое занятие № 1,2. Расчет заземляющих устройств. Методика монтажа устройств заземления и зануления

Цель занятий: сформировать у обучающихся необходимый набор знаний и умений в области проведения расчетов заземляющих устройств, а также их использования.

Содержание занятия:

В ходе занятия, обучающиеся изучают алгоритмы проектирования и расчета заземляющих устройств. Определения их технологических и конструктивных параметров, а также способ монтажа и настройки.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ выполнения лабораторных и практических**

**заданий**

**«Отлично»** - выставляется студенту, знающему теоретические вопросы по всем темам дисциплины: основам правил построения чертежей и схем; способам графического представления пространственных образов; возможностях пакетов прикладных программ компьютерной графики в профессиональной деятельности; основным положениям конструкторской, технологической документации, нормативных правовых актов, а также основам строительной графики.

Владеющему основными принципами оформления проектно-конструкторской, технологической и другой технической документации в соответствии с действующей нормативной базой; выполнения изображений, разрезов и сечений на чертежах.

**«Хорошо»** - выставляется студенту, освоившему дисциплину в полном объеме, но затрудняющемуся при оформлении проектно-конструкторской, технологической и другой технической документации в соответствии с действующей нормативной базой; выполнении изображений, разрезов и сечений на чертежах.

**«Удовлетворительно»** - выставляется студенту, знающему ответы не на все теоретические вопросы и затрудняющемуся при решении практических вопросов и проведении практических действий, связанных с областью изучения дисциплины.

**«Неудовлетворительно»** - выставляется студенту, допустившему значительные пробелы в знании большинства тем дисциплины.

## **2.2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся**

**Цель самостоятельной работы:** формирование у обучающихся умений и навыков в области правил построения чертежей и схем; способов графического представления пространственных образов; возможностей пакетов прикладных программ компьютерной графики в профессиональной деятельности; основных положений конструкторской, технологической документации, нормативных правовых актов, а также основ строительной графики.

Прежде, чем приступить к самостоятельной работе, обучающийся должен ознакомиться с основными положениями рабочей программы по ПМ.02 Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий, подобрать необходимую литературу и изучить теоретические положения дисциплины. В ходе самостоятельной работы, обучающийся должен выполнить следующие задания:

1. Написание конспектов по изучаемым темам.

2. Выполнение индивидуальных заданий (выполнений практических заданий в рабочих тетрадях).

Далее приведены разъяснения по каждому виду самостоятельной работы и даны рекомендации по ее выполнению.

### **2.3. НАПИСАНИЕ КОНСПЕКТОВ ПО ИЗУЧАЕМЫМ ТЕМАМ**

Данный вид самостоятельной работы обучающихся предполагает сбор, обработку и представление информации по темам комбинированных занятий с более глубокой проработкой некоторых вопросов. Выполнение данного вида самостоятельной работы рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- формирование перечня вопросов, необходимых для освещения в рамках выбранной темы;
- работа с литературными и другими информационными источниками;
- систематизация полученных данных;
- написание основных тезисов изученного материала в виде опорного конспекта; подготовка ответа, с использованием опорного конспекта.

Перечень тем для поиска информации (представлен ниже) соответствует содержанию разделов и тем, представленных в рабочей программе дисциплины «Инженерная графика».

### **ВОПРОСЫ**

**для самостоятельного изучения тем дисциплины**

### **«МДК 02.01 МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ»**

1. Производство, распределение и потребление электрической энергии.
2. Типы электростанций и подстанций.

3. Источники и схемы электроснабжения с/х потребителей.
4. Современное состояние электроснабжения предприятий и населенных пунктов.
5. Токопроводящие и изолирующие материалы.
6. Внутренние электропроводки, их виды и зависимость от типа помещения.
7. Плавкие предохранители, автоматы.
8. Неизолированные провода, применяемые в воздушных ЛЭП.
9. Изоляторы и арматура воздушных линий.
10. Конструкция и особенности выполнения воздушных линий.

## **ВОПРОСЫ**

**для самостоятельного изучения тем дисциплины**

### **«МДК 02.02 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

1. Общие требования к конструкции и элементной базе воздушных линий.
2. Ввод воздушных и кабельных линий в эксплуатацию.
3. Техническое обслуживание воздушных и кабельных линий.
4. Защита отходящих воздушных линий.
5. Охрана воздушных и кабельных линий.
6. Правила безопасности при эксплуатации воздушных и кабельных линий до 1000 В.
7. Основные требования к РУ и задачи их эксплуатации.
8. Эксплуатация устройств релейной защиты и автоматики.
9. Техническое обслуживание элементной базы силового оборудования РУ.
10. Оперативные переключения в условиях напряжением выше 1000 В. Техническое обслуживание потребительских подстанций.

#### **2.4. Методические указания по написанию курсового проекта по МДК 02.01. Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций**

Курсовой проект является завершающим этапом изучения дисциплины «монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций».

Цель курсового проектирования: углубить и закрепить теоретического знания, полученные студентами при изучении дисциплины; обеспечить безопасное и продуктивное участие студентов в монтаже воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций; технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий. Научить пользоваться технической и справочной литературой для решения конкретных вопросов в условиях сельскохозяйственных предприятий.

Курсовой проект по дисциплине «монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций» должен включить один из вариантов разработки:

1. *электрическое снабжение населенного пункта от ТП 10 – 35/0,4кВ;*
2. *электрическое снабжение сельскохозяйственного производственного объекта от подстанции ТП 10 – 35/0,4кВ;*
3. *электрическое снабжение сельскохозяйственного производственного объекта от автономной электростанции (дизельной и др.);*
4. *электроснабжение и электрооборудование сельскохозяйственных производственных объектов;*
5. *электроснабжение фермерского хозяйства от подстанции 10 – 35/0,4кВ;*
6. *электроснабжение фермерского хозяйства от автономной дизельной электростанции.*

#### **ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Задание выдается студентам не менее чем за 1,5 месяца до сдачи курсового проекта. Общее руководство и контроль над выполнением курсового проекта осуществляет преподаватель дисциплины «монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций». Консультации проводятся за счет объема времени, отведенного в рабочем учебном плане на выполнение курсового проекта (30 часов). По завершении студентом курсового проекта руководитель проверяет, подписывает его, ставит оценку по пятибалльной системе и вместе с письменным отзывом передает студенту для ознакомления. При необходимости преподаватель может предусмотреть защиту курсового проекта. Студенту, получившему неудовлетворительную оценку, предоставляется право выбора новой темы или доработки прежней темы и определяется новый срок для ее выполнения.

## СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Содержание пояснительной записки и объем графической части определяется заданием на курсовой проект.

*Перечень документации пояснительной записки и последовательность расположения:*

Титульный лист

Задание на курсовой проект

Содержание курсового проекта

Введение

1. Расчетно-технологическая часть
2. Организационная часть
3. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда

Заключение

Библиографический список

Приложения, дополняющие курсовой проект

*Графическая часть* представляет собой чертеж планировки электрических сетей разрабатываемого объекта.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка оформляется печатным способом на листах формата А4. Объем пояснительной записки составляет от 25 до 40 страниц печатного текста.

Обозначение курсового проекта осуществляется по форме:

*КП ЭиАСХ.35.02.08.ХХ. ХХ. ПЗ*

где ХХ – шифр студента по списку группы; ХХ – номер части пояснительной записки, ПЗ - пояснительная записка.

Нумерация страниц текста курсового проекта должна быть сквозной. Номера страниц не проставляются на титульном листе, задании.

Задание на проектирование оформляется на стандартном бланке, выдаваемом преподавателем перед началом проектирования.

В содержании и тексте пояснительной записки не нумеруются разделы: введение, заключение, библиографический список. Сокращения не допускаются за исключением общепринятых обозначений. Все нормативные величины, коэффициенты должны иметь ссылки на источник информации. Рисунки и изображения, содержащиеся в пояснительной записке должны иметь порядковую нумерацию и соответствующую подпись.

### Оформление графической части

Чертежи выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД. Планировка внутренней электросети выполняется на формате А1. Планировочное решение должно содержать все необходимые элементы для наиболее лучшего и понятного прочтения чертежа в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД.

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### Введение

Введение - это вступительная часть научно-исследовательской работы. По объему оно составляет небольшую часть курсового проекта (до 10% от основного текста – 2-3 листа).

В этом разделе необходимо показать актуальность темы, раскрыть практическую значимость ее, определить цели и задачи исследования.

Введение к курсовому проекту в обязательном порядке содержит следующие элементы:

А. Определение темы работы. Необходимо привести несколько (2–3) фраз из литературы, характеризующих основные понятия темы.

Пример: для темы «Расчет электрических нагрузок и выбор оборудования электрической подстанции (объекта...)»:

В настоящее время электроэнергетика России является важнейшей жизнеобеспечивающей отраслью страны. В ее состав входит более 700 электростанций общей мощностью 215,6 млн кВт.

Система распределения столь большого количества электроэнергии на промышленных предприятиях должна обладать высокими техническими и

экономическими показателями и базироваться на новейших достижениях современной техники. Поэтому электроснабжение промышленных предприятий должно основываться на использовании современного конкурентоспособного электротехнического оборудования и т.д.

Б. Актуальность работы. Следует обозначить существующее положение, почему именно эта проблема актуальна. Обоснование может начинаться с фразы «Актуальность темы исследования обусловлена тем, что .....» или «Данная тема актуальна, так как...».

Также рекомендуется использовать следующие слова и выражения: актуальность и практический аспект данных проблем связаны с тем .... Или актуальность курсового проекта заключается (или проявляется) в следующем.... Или вопросы, касающиеся того-то и того-то являются очень актуальными. Либо просто Актуальность курсового проекта, а потом начинаете с нового предложения.

Чтобы обосновать актуальность, можно кратко раскрыть современное состояние теоретических исследований по избранной теме с указанием фамилий ведущих ученых и исследователей в данной области, сформулировать суть возникшей проблемной ситуации, перечислить решенные и нерешенные теоретические и практические проблемы, обосновать важность и злободневность исследуемой проблемы.

После описания актуальности темы можно написать: актуальность темы курсового проекта связана со значительным распространением исследуемого явления и заключается в необходимости разработки рекомендаций по совершенствованию работы в рассматриваемой области.



**Пример:** Актуальность темы «Проектирование схемы электроснабжения объекта...»: сейчас весьма высока и обусловлена следующими обстоятельствами:

-во-первых, увеличением в современных условиях темпа роста электропотребления и т.д.

-во-вторых ...

**В. Определение объекта и предмета исследования.** Объект формулируется, исходя из названия темы курсового проекта, предмет – на основе названий ее параграфов или глав.

Объект исследования – это та часть реального мира, которая познается, исследуется или преобразуется студентом-исследователем в курсовом проекте. *Объектом* может выступать отдельное предприятие, цех, участок цеха, жилой дом, административное помещение, общественное здание и т.д.

Предмет исследования более узок и конкретен по сравнению с объектом, он является его частью (аспектом, подсистемой, свойством, процессом или явлением, возникающим и развивающимся в системе и т.д.). Задача исследователя состоит в выделении в качестве предмета именно той части объекта исследования, по которой существует проблема.

**Г. Формулировка цели и задач курсового исследования,** подлежащих решению для достижения указанной цели и конкретизирующих цель.

Формулируется одна цель и 2-4 задачи. Каждая задача, как правило, отражает результат, который планируется получить при подготовке соответствующей ей главы курсового проекта. Исходя из этого, в формулировке *цели* не рекомендуется употреблять слова "исследовать", "рассмотреть", "сделать", "изучить" которые отражают процесс исследования, а не его результат. Правильным является употребление слов разработать, выявить, раскрыть, охарактеризовать, определить, установить, показать, обосновать и т.д.

**Пример:** Разработать схему электроснабжения; определить надежность электроснабжения; обосновать выбор электрооборудования и т.д.

*Задачи* раскрывают путь к достижению цели. Каждой задаче, как правило, посвящен раздел (либо параграф) курсового проекта. Задачи могут вводиться словами:

- выявить;
- раскрыть;
- изучить;
- разработать;
- исследовать;
- проанализировать;
- систематизировать;
- уточнить и т.д.

**Д. Методы исследования.** Методы – это способы, приемы познания объекта. В курсовом проекте используются методы:

- анализ литературы;
- анализа нормативно-технической документации;
-

- анализ документов, протоколов испытаний, паспортов электрооборудования и проч.;
- изучение и обобщение отечественной и зарубежной практики;
- сравнение;
- моделирование;
- аналогия;
- классификация;
- обобщение.

**Е. Структура и объем** работы. В данном абзаце указывается, из скольких разделов состоит пояснительная записка, дается их краткая характеристика.

**Пример:** *Курсовой проект состоит из введения, двух разделов и заключения.*

*Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи исследования, указываются объект и предмет исследования. Первый раздел посвящен исследованию теоретических вопросов: характеристики электроснабжения, электрических нагрузок, технологического процесса.*

*Во втором разделе раскрыты вопросы выбора... В заключении подведены итоги и сделаны выводы исследования.*

### **Основная часть курсового проекта**

**Первый раздел - теоретическая часть** - должен содержать анализ состояния изучаемой проблемы на основе обзора научной, научно-информационной, учебной и справочной литературы, а также подробное изучение, анализ объекта, темы работы. В нем желательно использовать примеры и факты из практики, иллюстрирующие применение теоретических знаний в жизни. Здесь должна быть изложена своя точка зрения, собственные предложения.

Представленный материал должен быть логически связан с целью работы. В параграфах теоретической части необходимо отражать отдельные части проблемы и завершать их выводами.

*В первом разделе могут быть рассмотрены следующие вопросы:* влияние технологического процесса на надежность электроснабжения, влияние характеристики окружающей среды на выбор электрооборудования, влияние характеристики установленного оборудования на надежность электроснабжения и т.д.

В данной главе необходимо указать, какое место занимает рассматриваемая проблема в соответствующей области знаний; какой опыт (как положительный, так и негативный) накоплен по данной проблеме в нашей стране и за рубежом.

**Второй раздел** является практическим, в нем представлены расчеты, графики, таблицы, схемы, иллюстрации и т.п.



## Расчет электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм (методом коэффициента максимума) выполняется по алгоритму:

Все электроприемники (ЭП) повторно-кратковременного режима работы (ПКР) должны быть приведены к продолжительности включения (ПВ) 100 %, однофазные - к условной трехфазной мощности.

1. Все ЭП, присоединенные к узлам, разбивают на однородные по режиму работы группы с одинаковыми значениями коэффициентов использования и коэффициентов мощности. При наличии в расчетном узле ЭП с переменным и постоянным графиком нагрузки расчетные мощности этих ЭП определяются отдельно, а затем суммируются!

2. Подсчитывают количество ЭП в каждой группе и в целом по расчетному узлу присоединения.

3. В каждой группе ЭП и по узлу в целом находят пределы их номинальных мощностей и модуль сборки  $m$ :

$$m = \frac{P_{НОМ \max}}{P_{НОМ \min}} \quad (4.1)$$

4. Подсчитывают суммарную номинальную мощность всех ЭП узла  $P_{НОМ}$ , кВт.

5. По таблице Г.1 (прил. Г) принимают для характерных групп ЭП коэффициенты использования  $K_{и}$  и коэффициенты мощности  $\cos \varphi$ . По значениям  $\cos \varphi$  определяют  $\operatorname{tg} \varphi$ .

6. Для каждой группы однородных ЭП (станки, сварочные установки и т.п.) определяют среднюю активную  $P_{см}$ , кВт, и реактивную  $Q_{см}$ , кВАр, нагрузки за наиболее загруженную смену:

$$P_{см} = K_{и} P_{НОМ} \quad (4.2)$$

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.3)$$

где  $P_{НОМ}$  - сумма номинальных мощностей ЭП группы, кВт

7. Для узла присоединения суммируют активные и реактивные составляющие мощностей по группам разнородных ЭП

$$P_{см. уз} = \sum P_{см} \quad Q_{см, уз} = \sum Q_{см}.$$

8. Определяют средневзвешенное значение коэффициента использования узла  $K_{и\text{ ср}}$ :

$$K_{и\text{ ср}} = \frac{P_{см, уз}}{\sum_{i=1}^n P_{НОМ\ i}} \quad (4.4)$$

9. Средневзвешенное значение  $\cos \varphi_{уз}$ :

$$\cos \varphi_{уз} = \frac{P_{см, уз}}{Q} \quad (4.5)$$

по  $\cos \varphi_{уз}$  определяют  $\sin \varphi_{уз}$  – средневзвешенное значение коэффициента мощности узла присоединения.

10. Определяют эффективное число электроприемников  $n_{э}$ :

$$n_{э} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{P_{НОМ\ i}}{P_{НОМ\ i}}} \quad (4.6)$$

Если определение  $n_{э}$  затруднено из-за большого количества ЭП, то  $n_{э}$  находят по одной из формул (см. табл.Г.2 (прил. Г) в зависимости от  $n$ ,  $K_{и\text{ ср}}$ ,  $m$ .

11. В зависимости от  $K_{и\text{ ср}}$  и  $n_{э}$  определяют коэффициент максимума  $K_M$  (см табл.Г.4 (прил. Г)

*Для ЭП с постоянным графиком нагрузки  $K_M=1$ .*

12. Определяют расчетную активную мощность  $P_p$ , кВт

$$P_p = K_M P_{см, уз} \quad (4.7)$$

13. Определяют расчетную реактивную мощность  $Q_p$ , кВАр.

При  $K_{и\text{ уз}} < 0,2$  и  $n_{э} \leq 100$ , а также при  $K_{и\text{ уз}} \geq 0,2$  и  $n_{э} \leq 10$  коэффициент  $K^1 = 1,1$ . Во всех остальных случаях можно принять  $K^1 = 1$ .

М М

$$Q_p = K_M^1 Q_{см, уз} \quad (4.8)$$

14. Определяют полную мощность  $S_p$ , кВА,

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (4.9)$$

и расчетный ток  $I_p$ , А,

$$I_p = S_p / (\sqrt{U_{НОМ}}) \quad (4.10)$$

где  $U_{НОМ}$  - номинальное напряжение электроприёмника, кВ

### Алгоритм расчета сети по нагреву:

1. Выбирается марка проводника в зависимости от характеристики среды помещения, его конфигурации и способа прокладки сети (прил. Д, табл. Д.1, Д.2);

2. По формулам 4.11÷4.14 определяется расчетный ток. *За расчетный ток одиночного ЭП принимается его номинальный ток;*

Ток нагрузки  $I_{НОМ}$ , А, определяется для большинства трехфазных ЭП по общей формуле:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ} \cos \varphi \eta}, \quad (4.11)$$

где  $P_{НОМ}$  - номинальная активная мощность электроприемника, кВт;  
 $U_{НОМ}$  - номинальное напряжение электроприемника, кВ;  
 $\cos \varphi_{НОМ}$  - номинальный коэффициент мощности нагрузки;  
 $\eta_{НОМ}$  - номинальный КПД.

$P_{НОМ}$ ,  $\eta_{НОМ}$  и  $\cos \varphi_{НОМ}$  должны быть приняты по каталогу (паспорту) ЭП. Для *многодвигательного* электропривода номинальный ток принимается с учетом  $\cos \varphi$  и  $\eta$  наиболее мощного ЭП такого привода:

$$I_{НОМ} = \frac{P_{\Sigma НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ} \cos \varphi \eta}, \quad (4.12)$$

где  $\Sigma P_{НОМ}$  - сумма номинальных мощностей электроприемника многодвигательного привода, кВт;

Номинальный ток трехфазной электропечи, А,

$$I_{НОМ} = \frac{P_{НОМ}}{3 U_{НОМ} \cos \varphi}. \quad (4.13)$$

Номинальный ток трехфазной выпрямительной установки, А, номинальный ток трансформаторов:

$$I_{НОМ, в, у} = \frac{S}{3 U_{НОМ}}. \quad (4.14)$$

3. Выбирается сечение проводника по условию нагрева длительно допустимым током  $I_{\partial\partial}$ :

$$I_{расч} \leq I_{\partial\partial}. \quad (4.15)$$

Значения  $I_{\partial\partial}$  приведены в таблицах Д.3, Д.4 (прил. Д).

Для электроприемников ПКР выбор проводника по нагреву проводится по условию:

$$I_{\Delta \cdot \Delta} / I_{ПВ} \sqrt{t_{ПВ}} \leq 0,875, \quad (4.16)$$

где  $t_{ПВ}$  - продолжительность включения;  
 $I_{ПВ}$  - ток повторно-кратковременного режима, А;  
0,875 - коэффициент запаса.

Если условия прокладки проводников отличаются от нормальных, то допустимый ток нагрузки определяется с учетом поправочных коэффициентов:

$$I_{\Delta \cdot \Delta}^I = K_{п1} K_{п2} I_{\Delta \cdot \Delta}, \quad (4.17)$$

где  $K_{п1}$  - поправочный коэффициент на температуру (табл. Д.5, (прил. Д));  
 $K_{п2}$  - поправочный коэффициент, зависящий от количества кабелей и расстояния между ними,  $K_{п2}=0,7$  для кабелей, проложенных пучками в лотках или коробах, для остальных случаев –  $K_{п2} = 1$

### Расчет электрической сети до 1000 В

Для защиты электрических сетей напряжением до 1000 В применяют плавкие предохранители, автоматические выключатели, тепловые реле магнитных пускателей. Наиболее современными являются автоматические выключатели серии ВА и АЕ, предохранители серии ПР и ПН, тепловые реле серии РТЛ.

В зависимости от вида защиты ПУЭ наряду с проверкой по допустимому нагреву устанавливают определенные соотношения между токами защитных аппаратов и длительно допустимым током проводника. Сечение проводника, соответствующее длительно допустимому току нагрева, следует сравнивать с током срабатывания аппарата защиты. В сетях, которые должны быть защищены от перегрузки, эти соотношения часто являются определяющими для выбора сечения проводников.

#### Алгоритм расчета сети до 1000 В:

1. Выбирается марка проводника в зависимости от характеристики среды помещения, его конфигурации и способа прокладки сети.
2. По формулам 4.11÷4.14 определяется расчетный ток.
3. Выбирается сечение проводника по условию нагрева длительно допустимым током (формула 4.15).
4. Выбирается вид защиты.
5. Выбираются защитные аппараты согласно выражениям 4.19÷4.31.
6. Выполняется проверка выбранного сечения проводника на соответствие защитному аппарату по формуле 4.32.
7. Для трехфазной линии переменного тока определяются потери напряжения  $\Delta U$ , % по формуле:

$$\Delta = \frac{5}{100} \frac{U P l (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi)}{U^2} \quad (4.18)$$

- где  $P$  - номинальная активная мощность электроприемника, кВт;  $l$  - длина питающей линии, км  
 $r_0$  - удельное активное сопротивление проводника, Ом/км, (табл.Ж.1, прил Ж);  
 $x_0$  - удельное индуктивное сопротивление проводника, Ом/км, (табл Ж.2, прил Ж);  
 $\cos \varphi$  - коэффициент мощности нагрузки;  
 $U_{ном}$  - номинальное напряжение электроприемника, В;

Выбор **автоматических выключателей** с комбинированными расцепителями производится по следующим расчетным выражениям:

$$I_{сраб \text{ т.р.}} \geq I_{расч} - \text{для линии без электродвигателя,} \quad (4.19)$$

$$I_{сраб \text{ т.р.}} \geq 1,25 I_{расч} - \text{для линии с одним электродвигателем,} \quad (4.20)$$

$$I_{сраб \text{ т.р.}} \geq 1,1 I_{расч} - \text{для групповой линии с несколькими электродвигателями,} \quad (4.21)$$

- где  $I_{сраб \text{ т.р.}}$  - ток срабатывания теплового расцепителя, А;  
 $I_{расч}$  - длительный (расчетный) ток линии, А

$$I_0 \geq I_{расч} - \text{для линии без электродвигателя,} \quad (4.22)$$

$$I_0 \geq 1,2 I_{пуск} - \text{для линии с одним электродвигателем,} \quad (4.23)$$

$$I_0 \geq 1,25 I_{пик} - \text{для групповой линии с несколькими электродвигателями,} \quad (4.24)$$

- где  $I_0$  - ток срабатывания электромагнитного расцепителя мгновенно- го действия (отсечки), А;  
 $I_{пуск}$  - пусковой ток электродвигателя, А;  
 $I_{пик}$  - пиковый ток, А

Пусковой ток электродвигателя определяется по выражению:

$$I_{пуск} = K_{пуск} I_{ном} , \quad (4.25)$$

- где  $K_{пуск}$  - кратность пускового тока.

Пиковый ток группы из двух – пяти электродвигателей определяется по выражению:



$$I_{\text{пик}} = I_1 + \sum_{i=2}^n I_i, \quad (4.26)$$

- где  $I_{\text{пуск}}$  - наибольший пусковой ток одного электродвигателя, входящего в группу, А;  
 $\sum_{i=1}^n$  - суммарный номинальный ток группы ЭП без учета номинального тока наибольшего по мощности ЭД, А.

Пиковый ток группы более пяти электродвигателей определяется по выражению:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}} \cdot K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном max}}, \quad (4.27)$$

- где  $I_{\text{пуск}}$  - наибольший пусковой ток ЭД, входящего в группу, А;  
 $K_{\text{и}}$  - коэффициент использования механизма, приводимого электродвигателем с наибольшим пусковым током;  
 $I_{\text{ном max}}$  - номинальный ток электродвигателя с наибольшим пусковым током, А.

Технические данные автоматических выключателей серии ВА приведены в таблице Е.1 (прил. Е).

Выбор **предохранителей** производится по следующим расчетным выражениям:

$$I_{\text{ном вст}} \geq I_{\text{расч}} - \text{для линии без электродвигателя}, \quad (4.28)$$

$$I_{\text{ном вст}} \geq I_{\text{ном дв}}; \quad I_{\text{ном вст}} \geq I_{\text{пуск}}/\alpha - \text{для линии с одним электродвигателем}; \quad (4.29)$$

$$I_{\text{ном вст}} \geq I_{\text{расч}}; \quad I_{\text{ном вст}} \geq I_{\text{пик}}/\alpha - \text{для линии с группой электродвигателей}, \quad (4.30)$$

- где  $I_{\text{ном вст}}$  - номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А;  
 $\alpha$  - коэффициент, учитывающий условия пуска, принимается 1,6 для тяжелых пусков; 2,5 для легких.

Технические данные предохранителей приведены в табл. Е.2 (прил. Е). Выбор **тепловых реле** магнитных пускателей производится по следующему расчетному выражению:

$$I_{\text{т.р}} \geq 1,25 I_{\text{расч}}, \quad (4.31)$$

- где  $I_{\text{т.р}}$  - номинальный ток теплового реле, А, (см прил. Е, табл.Е.3);

Технические данные магнитных пускателей типа ПМЛ с тепловым реле РТЛ приведены в табл. Е.3 (прил. Е).

После выбора аппарата защиты должна быть выполнена проверка выбранного сечения проводника на соответствие защитному аппарату:

$$I_{\text{д.д}} \geq k_3 I_{\text{с.з.а}}, \quad (4.32)$$

где  $k_3$  - коэффициент защиты;  
 $I_{с.з.а}$  - ток срабатывания защитного аппарата, А.

Принимается:  $k_3 = 1,25$  – для взрыво- и пожароопасных помещений;  $k_3 = 1$  – для нормальных (неопасных) помещений;  
 $k_3 = 0,33$  – для предохранителей без тепловых реле в линии.

### Расчет мощности компенсирующего устройства

Для выбора компенсирующего устройства (КУ) необходимо знать:

- расчетную реактивную мощность КУ;
- тип компенсирующего устройства;
- напряжение КУ.

Расчетную реактивную мощность КУ  $Q_{к.р}$ , кВар можно определить из соотношения:

$$Q_{к.р} = \alpha P_M \left( \frac{tg \varphi}{tg \varphi_{ф}} - 1 \right) \quad (4.33)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий повышение  $\cos \varphi$  естественным способом, принимается  $\alpha = 0,9$ ;  
 $P_M$  - расчетная (максимальная) активная мощность, кВт;  
 $\varphi$   $\varphi_{ф}$  - коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации  
 Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения  $\cos \varphi = 0,92 \dots 0,95$ . Задавшись  $\cos \varphi_{к}$  из этого промежутка, определяют  $tg \varphi_{к}$

Задавшись типом КУ, зная  $Q_{к.р}$  и напряжение, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности расчетной (табл. 3.1, прил. 3).

После выбора стандартного КУ определяется фактическое значение

$\varphi_{ф}$

$$tg \varphi_{ф} = tg \varphi - \frac{Q_{к.см}}{\alpha P_M} \quad (4.34)$$

По  $tg \varphi_{ф}$  определяют  $\cos \varphi_{ф}$ .

## Выбор числа и мощности силовых трансформаторов

Рекомендуется следующий порядок выбора трансформаторов:

1. Определяется число трансформаторов с учетом категории электро-снабжения потребителей.
2. Рассчитывается мощность трансформаторов с учетом перегрузочной способности трансформатора.
3. Проверяется обеспеченность питания потребителей в нормальном и аварийном режимах с учетом допустимой перегрузки трансформаторов.
4. Для каждого варианта определяются капитальные затраты и эксплуатационные расходы, причем отчисления на обслуживание не учитываются из-за их незначительного влияния на расчеты.
5. Выбирается более экономичный вариант.

Номинальная мощность цеховых трансформаторов  $S_{ном.т}$  определяется по средней нагрузке  $S_{ср м}$  за максимально загруженную смену  $S_{ср м}$ :

$$S_{ном т} = S_{ср м} / (NK_3), \quad (4.35)$$

где  $N$  - число трансформаторов;

$K_3$  - коэффициент загрузки трансформаторов.

Наивыгоднейшая нагрузка цеховых трансформаторов зависит от категории надежности потребителей электроэнергии, от числа трансформаторов и способа резервирования. Рекомендуется принимать следующие коэффициенты загрузки трансформаторов:

- при преобладании нагрузок I категории для двухтрансформаторных ТП  $K_3 = 0,65 - 0,7$ ;

- при преобладании нагрузок II категории для однострансформаторных подстанций в случае взаимно резервирования трансформаторов на низшем напряжении  $K_3 = 0,7 - 0,8$ ;

- при преобладании нагрузок II категории и наличии централизованного (складского) резерва трансформаторов, а также при нагрузках III категории  $K_3 = 0,9 - 0,95$ .

В первых двух случаях значения коэффициентов загрузки трансформаторов определены из условия взаимного резервирования трансформаторов в аварийном режиме с учетом допустимой перегрузки оставшегося в работе трансформатора.

Принятые к установке силовые трансформаторы должны быть проверены на допустимые систематические перегрузки по условию:

$$S_{ном т} < S_{ср м} K_{п доп},$$

На двухтрансформаторной подстанции дополнительно проверяется перегрузка трансформаторов в аварийном режиме аналогично трансформаторам ГПП или ПГВ по формуле  $1,4S_{ном т} > S_{max}$

Намечается два возможных варианта выбора мощности трансформаторов. Технические параметры записываются в табличной форме.

№ вар.	Капитальные вложения, тыс. руб.	Потери электроэнергии, кВт·ч	Эксплуатационные затраты, тыс. руб.		Приведенные затраты	
			Стоимость	Амортизационные	тыс. руб.	%
			ь	е	руб.	

			потерь	отчисления		
I						
II						

Производятся расчеты по определению технико-экономических показателей.

Коэффициент загрузки в нормальном режиме:  $K_{з.н} = S_{\max}/n \cdot S_{\text{ном т}}$

Коэффициент загрузки в послеаварийном режиме:

$$K_{з.ав} = 80\% \cdot (S_{\max}) / (S_{\text{ном т}} \cdot K_{д.п}).$$

### Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов КЗ в сетях до 1000 В удобнее выполнять в именованных единицах.

Алгоритм расчета токов КЗ в именованных единицах:

1. Составляется расчетная схема, на которую наносятся элементы системы электроснабжения и указываются все необходимые данные для расчета сопротивлений.

2. На основании расчетной схемы составляется схема замещения, на которой все элементы представлены в виде сопротивлений.

3. Производится расчет сопротивлений элементов в именованных единицах.

4. Находится результирующее сопротивление до точки КЗ.

5. Определяется  $I_{п.о}$ , кА – сверхпереходной ток короткого замыкания, или действующее значение периодической составляющей токов короткого замыкания за первый период.

6. Определяется  $i_y$ , кА – ударный ток короткого замыкания, или амплитудное значение тока короткого замыкания за первый период.

При вычислении сопротивлений в именованных единицах все сопротивления должны быть приведены к базисному напряжению  $U_б$ , кВ. За величину  $U_б$  принимается напряжение в месте КЗ. Складывать сопротивления, приведенные к разным  $U_б$  категорически запрещено.

При расчетах пользуются средним значением напряжения. Шкала средних значений напряжений: 230; 115; 37; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,525; 0,4; 0,23 кВ.

### Выбор электрооборудования и токоведущих частей

Условия выбора электрических аппаратов напряжением выше 1000 В приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Условия выбора электрических аппаратов

Аппарат	$U_n$	$I_n$	$i_{дин}$	$I_{н.от кл}$	$I^2_{т} \cdot t_t$	$z_{2н}$ или $S_{2н}$
Выключатель	+	+	+	+	+	-
Разъединитель	+	+	+	-	+	-
Короткозамыкатель	+	-	+	-	+	-
Отделитель	+	+	+	-	+	-
Предохранитель	+	+	-	+	-	-

Выключатель нагрузки	+	+	+	+	+	-
Разрядник	+	-	-	+	-	-
Трансформатор тока	+	+	+	-	+	+
Трансформатор напряжения	+	-	-	-	-	+
Опорный изолятор	+	-	+	-	-	-
Проходной изолятор	+	+	+	-	-	-
Реактор	+	+	+	-	+	-
Автоматический выключатель	+	+	-	+	-	-
Контактор	+	+	-	+	-	-
Магнитный пускатель	+	+	-	+	-	-
Рубильник	+	+	+	+	+	-

Для проверки аппаратов и токоведущих частей на термическую стойкость при коротком замыкании необходимо определить величину теплового импульса короткого замыкания  $W_k, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$ .

$$W_k = I_{п.о}^2 t_{откл} \quad (4.35)$$

где  $I_{п.о}$  - сверхпереходной ток короткого замыкания, кА;  
 $t_{откл}$  - действительное время протекания тока короткого замыкания, которое определяется конкретно для заданной точки схемы.

При проверке шин и кабелей на термическую стойкость определяется минимально допустимое сечение по нагреву током короткого замыкания:

$$S_{мин} = \frac{W_k}{C} \quad (4.36)$$

где  $W_k$  - расчетная величина теплового импульса к.з.,  $\text{А}^2 \cdot \text{с}$ ;  
 $C$  - термический коэффициент (функция),  $\text{А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ , равный для алюминиевых шин – 95; для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией 6 кВ - 98 и 10 кВ - 100; то же, но с полиэтиленовой изоляцией – 62 и 65 соответственно.

Условия термической стойкости  $S_{мин} \leq S_{выбр}$ ,

### Расчет заземляющего устройства

Определяется величина сопротивления заземляющего устройства  $R_{зз}$  в соответствии с требованиями ПУЭ:

- для сетей напряжением 110 кВ и выше, работающих с глухим заземлением нейтрали,  $R_{зз} \leq 0,5 \text{ Ом}$ ;
- для сетей напряжением 6 - 35 кВ, работающих с изолированной нейтралью, сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{3y} \leq \frac{U_3}{I_3}, \quad (4.37)$$

где  $U_3$  - 250 В, если заземляющее устройство выполняется только для сети с изолированной нейтралью;

$U_3$  - 125 В, если заземляющее устройство выполняется общим для сети 6-35 кВ и сети напряжением ниже 1000 В.

Величина этого тока может быть определена по формуле:

$$I_3 = \frac{I_n(35 I_k + I_b)}{350} \quad (4.38)$$

где  $U_n$  - номинальное напряжение установки, кВ;

$I_k$  - суммарная длина электрически связанных кабельных линий, км;

$I_b$  - суммарная длина электрически связанных воздушных линий, км;

в) для сетей напряжением ниже 1000В  $R_{3y} \leq 4$  Ом.

Если в проектируемой электроустановке имеются сети разных напряжений, за расчетную величину принимается наименьшее значение сопротивления заземляющего устройства.

#### Алгоритм расчета заземляющего устройства:

1. Принимается удельное сопротивление грунта  $\rho$ , Ом·м.

2. Определяются расчетные удельные сопротивления  $\rho_{расч}$  с учетом повышающего коэффициента  $\psi$ , отражающего изменение сопротивления грунта при высыхании летом и промерзании зимой:

$$\rho_{расч} = \psi \cdot \rho \quad (4.39)$$

В качестве вертикальных заземлителей используются стержни из круглой стали диаметром 12 – 16 мм длиной  $l = 5$  м.

3. Рассчитывается сопротивление одного вертикального заземлителя:

$$R_{0в} = \frac{0,227}{l} \cdot \rho_{расч} \quad (4.40)$$

4. Определяется предварительное число вертикальных заземлителей:

$$n = \frac{p}{a} \quad (4.41)$$

где  $p$  - периметр контура, определяемый на основании плана подстанции, м;

$a$  - расстояние между вертикальными заземлителями следует принимать не менее длины заземлителя  $l$  или кратным длине, т.е.  $a$

= 5; 10 м.

5. Проверяется величина сопротивления, которую обеспечат  $n$  заземлителей:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_0 \cdot \epsilon}{n \cdot \eta}, \quad (4.42)$$

где  $\eta$  - коэффициент использования заземлителей, зависящий от числа заземлителей в контуре и отношения  $a/l$

Если расчетная величина меньше требуемой, расчет можно закончить. В противном случае следует увеличить число заземлителей и проверить величину  $R_{\Sigma}$ , выбрав новый коэффициент использования.

Горизонтальный заземлитель (стальные полосы, соединяющие вертикальные заземлители) мало влияют на общее сопротивление заземляющего устройства, поэтому сопротивление можно не учитывать.

### **Методические указания к технологической части**

#### **Общая концепция системы планово-предупредительного ремонта энергетического оборудования**

Система планово-предупредительного ремонта энергетического оборудования (далее – Система ППР ЭО) – это комплекс методических рекомендаций, норм и нормативов, предназначенных для обеспечения эффективной организации, планирования и проведения технического обслуживания (ТО) и ремонта энергетического оборудования.

Планово-предупредительный характер Системы ППР ЭО реализуется: проведением с заданной периодичностью ремонтов оборудования, сроки выполнения и материально-техническое обеспечение которых планируется заранее; проведением операций ТО и контроля технического состояния, направленных на предупреждение отказов оборудования и поддержание его исправности и работоспособности в интервалах между ремонтами.

На практике перечень оборудования, ремонт которого может быть основан только на принципах и стратегиях регламентированного ремонта, крайне узок. Фактически ремонт большей части оборудования неизбежно основан на сочетании (в различных пропорциях) регламентированного ремонта и ремонта по техническому состоянию. В этом случае «каркас» структуры ремонтного цикла определяется совокупностью элементов оборудования, ремонт которых основан на стратегиях регламентированного ремонта или ремонта по наработке. На полученную «жесткую» основу структуры ремонтного цикла накладываются (в «нежестком» варианте) сроки проведения ремонта элементов, обслуживаемых по техническому состоянию.

Наиболее перспективным методом ремонта оборудования для предприятий любых форм собственности является агрегатно-узловой метод, при ко-

тором неисправные сменные элементы (агрегаты, узлы и детали) заменяются новыми или отремонтированными, взятыми из оборотного фонда.

Своевременная замена неисправных агрегатов, узлов и деталей – реализация планово-предупредительной системы ремонта – наиболее успешно решается при внедрении технического диагностирования оборудования в процессе его ТО и ремонта.

### **Производственная эксплуатация оборудования**

Под производственной эксплуатацией понимают стадию жизненного цикла оборудования, заключающуюся в использовании его по назначению. В стадию жизненного цикла оборудования входят следующие этапы: прием, монтаж, ввод в эксплуатацию, организация эксплуатации, служба в течение определенного срока, амортизация, хранение, выбытие оборудования.

### **Сроки службы оборудования**

Сроки службы оборудования – это календарная продолжительность (годы и месяцы) периода, в течение которого использование оборудования считается полезным.

Сроки полезного использования основных фондов установлены постановлением Правительства РФ от 1 января 2002 № 1. Старые (1991 г.) амортизационные нормы упряднены.

Согласно этому постановлению все основные фонды сведены в десять амортизационных групп, для каждой из которых установлены сроки службы.

### **Содержание и планирование работ по техническому обслуживанию**

Техническое обслуживание является основным и решающим профилактическим мероприятием, необходимым для обеспечения надежной работы оборудования между плановыми ремонтами и сокращения общего объема ремонтных работ. Оно предусматривает надзор за работой оборудования, уход за оборудованием, содержание оборудования в исправном состоянии, проведение плановых технических осмотров, технических регулировок, промывок, чисток, продувок и т. д. Техническое обслуживание проводится в процессе работы оборудования с использованием перерывов, нерабочих дней и смен. Допускается кратковременная остановка оборудования (отключение сетей) в соответствии с местными инструкциями.

Техническое обслуживание производится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя или ПТЭ. При отсутствии заводской документации инструкции по ТО должны разрабатываться и утверждаться непосредственно на предприятии. Если в «Инструкции по рабочему месту» отражены вопросы ТО в соответствии с ГОСТ 2.601–68, то составление других инструкций не требуется.

Техническое обслуживание может быть регламентированным и нерегламентированным. В состав нерегламентированного ТО входят надзор за работой оборудования, эксплуатационный уход, содержание оборудования в исправном состоянии, включающие: соблюдение условий эксплуатации и режима работы оборудования в соответствии с инструкцией завода-изготовителя; загрузку оборудования в соответствии с паспортными данными, недопущение перегрузки оборудования, кроме случаев, оговоренных в инструкции по эксплуатации; строгое соблюдение установленных при данных условиях эксплуатации режимов работы электросетей и всех систем трубопроводов; поддержание необходимого режима охлаждения деталей и узлов оборудования, подверженных повышенному нагреву; ежесменную смазку, наружную чистку и уборку эксплуатируемого оборудования и помещений; строгое соблюдение порядка останова энергетических агрегатов, установленного инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя, включение и отключение электросетей и всех систем трубопроводов; немедленную остановку оборудования в случае нарушений его нормальной работы, ведущих к вы-



оборудования из строя, принятие мер по выявлению и устранению таких нарушений; выявление степени изношенности легкодоступных для осмотра узлов и деталей и их своевременную замену; проверку нагрева контактных и трущихся поверхностей, проверку состояния масляных и охлаждающих систем, продувку и дренаж труб проводов и специальных устройств; проверку исправности заземлений, отсутствия подтекания жидкостей и пропуска газов, состояния тепловой изоляции и противокоррозионной защиты, состояния ограждающих устройств и т. д.

Все обнаруженные при нерегламентированном ТО неисправности в работе оборудования должны быть зафиксированы бригадами (старшими звена слесарей или электрослесарей) в «Сменном журнале по учету выявленных дефектов и работ технического обслуживания» и устранены в кратчайшие сроки силами оперативного и оперативно-ремонтного персонала. Старшие мастера и мастера смен обязаны регулярно просматривать записи в сменном журнале и принимать меры по устранению указанных в нем неисправностей.

Регламентированное ТО проводится с установленной в эксплуатационной документации периодичностью, меньшей (или равной) периодичности текущего ремонта наименьшего ранга (объема). Продолжительность и трудоемкость регламентированного ТО не могут превышать аналогичные показатели для текущего ремонта наименьшей сложности.

Регламентированное ТО проводится по графикам, разработанным энергослужбой предприятия на основе ПТЭ и инструкций заводов–изготовителей энергетического оборудования. Регламентированное ТО реализуется в форме плановых ТО (возможно, различных видов), а также плановых технических осмотров, проверок, испытаний. Плановые ТО назначаются как самостоятельные операции лишь для отдельных видов энергетического оборудования и сетей с относительно большой трудоемкостью работ. В ходе планового ТО проводят контроль (диагностирование) оборудования, регулировки механизмов, чистку, смазку, продувку, добавку или смену изоляционных материалов и смазочных масел, выявляют дефекты эксплуатации и нарушения правил безопасности, уточняют составы и объемы работ, подлежащих выполнению при очередном капитальном или текущем ремонте.

Обнаруженные при плановом ТО отклонения от нормального состояния оборудования, не требующие немедленной остановки для их устранения, должны быть занесены в «Ремонтный журнал». Дефекты узлов и деталей, которые при дальнейшей эксплуатации оборудования могут нарушить его работоспособность или безопасность условий труда, должны немедленно устраняться.

Частным случаем регламентированного ТО являются плановые технические осмотры энергетического оборудования, проводимые инженерно-техническим персоналом энергетических служб с целью: проверки полноты и качества выполнения оперативным и оперативно-ремонтным персоналом операций по ТО энергетического оборудования; выявления неисправностей, которые могут привести к поломке или аварийному выходу оборудования из строя; установления технического состояния наиболее ответственных деталей и узлов машин и уточнения объема и вида предстоящего ремонта.

Проверки (испытания) как самостоятельные операции планируются лишь для особо ответственного энергетического оборудования. Их цель – контроль эксплуатационной надежности и безопасности оборудования и сетей в период между двумя очередными плановыми ремонтами, своевременное обнаружение и предупреждение возникновения аварийной ситуации, на- пример, испытания электрической прочности и измерения сопротивлений электрической изоляции, испытания на плотность и прочность сосудов и трубопроводов. Периодичность и состав проверок диктуются соответствующими правилами и инструкциями. Кроме того, в ряде случаев предусматриваются проверки для контроля точностных параметров, регламентируемых технологическими требованиями (проверки выходных параметров преобразователей для некоторых видов производств, проверки степени неуравновешенности роторов электродвигателей для прецизионного оборудования). В этом случае они носят название проверок на точность. В состав проверок могут включаться небольшие объемы регулировочных и наладочных работ. Для большей части оборудования и сетей проверки не планируются в качестве самостоятельных операций, а входят в состав плановых ремонтов. Объем проверок, как правило, должен включать в себя производство всех операций осмотра.

Методическое руководство ТО, контроль технического состояния оборудования и сетей энергохозяйства осуществляет ОГЭ. Перечни операций ТО, графики плановых технических осмотров, проверок, испытаний энергооборудования и т. п. разрабатываются ОГЭ.

В таблице приведены укрупненные нормативы трудозатрат на регламентированное ТО по видам оборудования (в человеко-часах трудоемкости технического обслуживания на каждые 100 человеко-часов трудоемкости капитального и текущего ремонта).

## Нормативы трудозатрат на регламентированное техническое обслуживание

Виды оборудования	Нормативы трудозатрат на техническое обслуживание
	чел.-ч ремонта
Электротехническое оборудование и электрические машины	7
Котельное и теплосиловое оборудование (котлы паровые и водогрейные, Паровые турбины, котлыутилизаторы и т.д.)	10
Компрессорное и насосное оборудование	9
Трубопроводные сети и сооружения: наружные	9
внутренние	5
Воздуховоды, дымососы, вентиляторы, дефлекторы, зонты, вытяжные шкафы, укрытия, местные отсосы, калориферы и т. д.	3
Рукавные и кассетные фильтры, циклоны, скрубберы, пылеуловители, оросительные камеры и т. д.	13

### Техническая диагностика оборудования

Техническое диагностирование (ТД) – элемент системы ППР, позволяющий изучать и устанавливать признаки неисправности (работоспособности) оборудования, устанавливать методы и средства, при помощи которых дается заключение (ставится диагноз) о наличии (отсутствии) неисправностей (дефектов). Действуя на основе изучения динамики изменения показателей технического состояния оборудования, ТД решает вопросы прогнозирования (предвидения) остаточного ресурса и безотказной работы оборудования в течение определенного промежутка времени.

Техническая диагностика исходит из положения, что любое оборудование или его составная часть может быть в двух состояниях – исправном и неисправном. Исправное оборудование всегда работоспособно, оно отвечает всем требованиям ТУ, установленных заводом-изготовителем. Неисправное (дефектное) оборудование может быть как работоспособно, так и неработоспособно, т. е. в состоянии отказа.

### Ремонт оборудования

Плановые ремонты являются основным видом управления техническим состоянием и восстановлением ресурса оборудования. Плановые ремонты реализуются в виде текущих и капитальных ремонтов оборудования.

Текущий ремонт (Т) – это ремонт, осуществляемый для восстановления работоспособности оборудования и состоящий в замене и (или) восстановлении его отдельных составных частей.

В зависимости от конструктивных особенностей оборудования, характера и объема проводимых работ текущие ремонты могут подразделяться на первый текущий ремонт (Т1), второй текущий ремонт (Т2) и т. д. Перечень обязательных работ, подлежащих выполнению при текущем ремонте, должен быть определен в ремонтной документации энергетического цеха (подразделения).

При текущем ремонте, как правило, выполняются: работы регламентированного ТО; замена (или восстановление) отдельных узлов и деталей; ремонт футеровок и противокоррозионных покрытий; ревизия оборудования; проверка на точность; ревизия арматуры и другие работы примерно такой же степени сложности.

Капитальный ремонт (К) – ремонт, выполняемый для обеспечения исправности и полного или близкого к полному восстановления ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые (под базовой понимают основную часть оборудования, предназначенную для компоновки и установки на нее других составных частей). Послеремонтный ресурс оборудования должен составлять не менее 80 % ресурса нового оборудования.

В объем капитального ремонта входят следующие работы: объем работ текущего ремонта; замена или восстановление всех изношенных агрегатов, узлов и деталей; полная или частичная замена изоляции, футеровки; выверка и центровка оборудования; послеремонтные испытания. Для выполнения капитального ремонта на предприятии должны иметься ТУ на каждое наименование ремонтируемого оборудования

Основными документами по планированию ремонта оборудования являются: ведомость годовых затрат на ремонты; годовой план-график ППР оборудования; месячный план-график-отчет ППР или месячный отчет о ремонтах.

### **Меры безопасности при эксплуатации электрооборудования и сетей объекта**

Проектирование, монтаж, наладка, испытание и эксплуатация электрооборудования установок должны проводиться в соответствии с требованиями

«Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП), и «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок и Федерального Закона «О лицензировании отдельных видов деятельности».

Рассмотрите организационно-технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ при эксплуатации электрооборудования. Меры безопасности при выполнении отдельных работ.

### 3. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу

<b>3.1. Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины:</b>	
1) действующее «Положение о текущем контроле успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) и среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Омский ГАУ»	
<b>Основные характеристики промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины</b>	
<b>Цель промежуточной аттестации -</b>	установление уровня достижения каждым обучающимся целей и задач обучения по данной дисциплине
<b>Форма промежуточной аттестации -</b>	экзамен
<b>Место процедуры получения зачёта в графике учебного процесса</b>	1) участие обучающегося в процедуре получения зачёта осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на изучение дисциплины
	2) процедура проводится в рамках ВАРС, на последней неделе семестра
<b>Основные условия получения обучающимся зачёта:</b>	1) обучающийся выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине; 2) прошёл заключительное тестирование; 3) подготовил полнокомплектное учебное портфолио.
<b>Процедура получения зачёта -</b>	Представлены в Фонде оценочных средств по данной учебной дисциплине
<b>Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков:</b>	

#### 3.2. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины

По итогам изучения дисциплины, обучающиеся проходят заключительное тестирование. Тестирование является формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями по дисциплине.

##### 3.2.1 Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины

Тестирование осуществляется по всем темам и разделам дисциплины, включая темы, выносимые на самостоятельное изучение.

Процедура тестирования ограничена во времени и предполагает максимальное сосредоточение обучающегося на выполнении теста, содержащего несколько тестовых заданий.

##### 3.2.2 ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

ответов на тестовые вопросы тестирования по итогам освоения дисциплины

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если получено более 81% правильных ответов.
- оценка «хорошо» - получено от 71 до 80% правильных ответов.
- оценка «удовлетворительно» - получено от 61 до 70% правильных ответов.
- оценка «неудовлетворительно» - получено менее 61% правильных ответов.