

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет мореходный

Кафедра ЭУЭС

Утверждаю
Декан мореходного факультета


Труднев С.Ю.

« 23 » октября 2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Техника высоких напряжений»

направление подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(уровень бакалавриата)

Направленность (профиль):
«Электрооборудование и автоматика судов»

Петропавловск-Камчатский
2024

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направленности (профилю)
«Электрооборудование и автоматика судов».

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ЭУЭС

_____ 

к.т.н., доц. А.Н. Рак

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Энергетические установки и
электрооборудование судов» « 17 » октября 2024 г. протокол № 4 .

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»,
к.т.н., доцент

« 23 » октября 2024 г.

_____ 

О. А. Белов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Цели и задачи изучения дисциплины

Дисциплина рассматривает вопросы, связанные с электрофизическими процессами и явлениями, происходящими в изоляции электрооборудования, и методами испытаний и контроля состояния изоляции.

Целью дисциплины является формирование знаний об электрофизических процессах в изоляции электрооборудования, о механизмах развития грозových и внутренних перенапряжений, о координации изоляции и её проектировании, о методах испытаний и контроля состояния изоляции.

В результате освоения дисциплины «Техника высоких напряжений» студенты должны: **иметь представление:** об основных законах и процессах, происходящих в электрооборудовании при использовании высоковольтного оборудования.

знать: методы оценки электрической прочности изоляции, надёжности молниезащиты, определения уровня перенапряжений в сетях высокого и сверхвысокого напряжения, выбора защитных устройств; понимать требования Правил устройства электроустановок применительно к выбору изоляционных расстояний и устройств защиты от перенапряжений, понимать требования руководящих документов «Объем и нормы испытаний электрооборудования».

уметь: выбирать изоляционные расстояния, оценивать надежность молниезащиты открытых распределительных устройств и воздушных линий электропередачи, определять необходимые параметры нелинейных ограничителей перенапряжений и вентильных разрядников.

владеть: навыками измерения и анализа диагностических параметров изоляции высоковольтного оборудования, решения задач техники высоких напряжений с помощью специализированного программного обеспечения.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

1.2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций:

ПК-1 – способен производить оценку технического состояния электрооборудования.

ПК-5 – способен организовывать работу подчиненного персонала.

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора достижения ПК | Планируемый результат обучения по дисциплине | Код показателя освоения |
|-----------------|---|---|---|-------------------------|
| ПК-1 | Способен производить оценку | ИД-1пк-1 Знает нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные | Знать: Нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные режимы | З(ПК-1)1 |

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора достижения ПК | Планируемый результат обучения по дисциплине | Код показателя освоения |
|-----------------|---|--|---|---|
| | технического состояния электрооборудования | <p>режимы работы отдельных воздушных и кабельных линий электропередачи, допустимые перегрузки по току и температурам воздушных и кабельных линий электропередачи; Марки, конструктивное исполнение кабелей; основы трудового законодательства Российской Федерации в объеме, необходимом для выполнения трудовых обязанностей; передовой производственный опыт организации эксплуатации и ремонта линий электропередачи; порядок сдачи в ремонт и приемки из ремонта кабельных линий электропередачи; правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования; правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей; технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования и сооружений воздушных и кабельных линий.</p> <p>ИД-2пк-1 Умеет вести техническую и отчетную документацию; выявлять дефекты на кабельных линиях электропередачи; применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи; применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий; работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами.</p> <p>ИД-3пк-1 Владеет навыками подготовки, согласования и передачи исполнителям</p> | <p>работы отдельных воздушных и кабельных линий электропередачи, допустимые перегрузки по току и температурам воздушных и кабельных линий электропередачи; Марки, конструктивное исполнение кабелей; Основы трудового законодательства РФ в объеме, необходимом для выполнения трудовых обязанностей; Передовой производственный опыт организации эксплуатации и ремонта линий электропередачи; Порядок сдачи в ремонт и приемки из ремонта кабельных линий электропередачи; Правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования; Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей; Технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования и сооружений воздушных и кабельных линий.</p> <p>Уметь: Вести техническую и отчетную документацию; Выявлять дефекты на кабельных линиях электропередачи; Применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи; Применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий; Работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами.</p> <p>Владеть: Навыками подготовки, согласования и передачи исполнителям ремонта утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ, карт организации труда и технологической ремонтной документации, необходимой для производства работ на закрепленном оборудовании; подготовки статистической отчетности в соответствии с утвержденным перечнем; проведения</p> | <p>З(ПК-1)2</p> <p>З(ПК-1)3</p> <p>З(ПК-1)4</p> <p>З(ПК-1)5</p> <p>З(ПК-1)6</p> <p>З(ПК-1)7</p> <p>З(ПК-1)8</p> <p>У(ПК-1)1</p> <p>У(ПК-1)2</p> <p>У(ПК-1)3</p> <p>У(ПК-1)4</p> <p>У(ПК-1)5</p> <p>В(ПК-1)1</p> |

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора достижения ПК | Планируемый результат обучения по дисциплине | Код показателя освоения |
|-----------------|---|---|---|-------------------------|
| | | утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ, карт организации труда и технологической ремонтной документации, необходимой для производства работ на закрепленном оборудовании; подготовки статистической отчетности в соответствии с утвержденным перечнем; проведения тренировок, занятий по отработке действий персонала при чрезвычайных ситуациях, обучению безопасным приемам и методам труда и оказанию первой помощи пострадавшим; сбора и анализа информации об отказах новой техники и электрооборудования. | тренировок, занятий по отработке действий персонала при чрезвычайных ситуациях, обучению безопасным приемам и методам труда и оказанию первой помощи пострадавшим; сбора и анализа информации об отказах новой техники и электрооборудования. | |

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора достижения ПК | Планируемый результат обучения по дисциплине | Код показателя освоения |
|----------------------------|---|--|---|-------------------------|
| ПК-5 | Способен организовывать работу подчиненного персонала | ИД-1ПК-5 Знает требования охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты, Регламентирующие деятельность по трудовой функции; инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве; законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по вопросам производственного планирования и оперативного управления производством; нормативные правовые акты и методические документы по вопросам деятельности подразделения; положения и инструкции по расследованию и учету технологических нарушений, несчастных случаев на производстве; методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей; принципы и правила производственного планирования в организации в части технического обслуживания и ремонта | Знать: Требования охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты, регламентирующие деятельность по трудовой функции; | 3(ПК-5)1 |
| | | | Инструкцию по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве; | 3(ПК-5)2 |
| | | | Законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по вопросам производственного планирования и оперативного управления производством; | 3(ПК-5)3 |
| | | | Нормативные правовые акты и методические документы по вопросам деятельности подразделения; | 3(ПК-5)4 |
| | | | Положения и инструкции по расследованию и учету технологических нарушений, несчастных случаев на производстве; | 3(ПК-5)5 |
| | | | Методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей; | 3(ПК-5)6 |
| | | | Принципы и правила производственного планирования в организации в части технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей; | 3(ПК-5)7 |
| Нормативные правовые акты, | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| | | <p>оборудования подстанций электрических сетей; нормативные правовые акты, определяющие направления развития электроэнергетики; методики проведения противоаварийных и противопожарных тренировок; правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики; основы трудового законодательства РФ.</p> <p>ИД-2пк-5 Умеет принимать управленческие решения на основе анализа оперативной рабочей ситуации; оценивать результаты своей деятельности и деятельности подчиненных; формулировать задания подчиненному персоналу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; организовывать рабочие места, их техническое оснащение; контролировать деятельность, исполнение решений; оценивать потребность в дополнительной подготовке персонала исходя из профиля должности и квалификации работников.</p> <p>ИД-3пк-5 Владет навыками распределения производственных задач для подчиненного персонала, расстановка персонала по участкам, бригадам, обслуживаемым объектам; организации обеспечения рабочих мест персонала нормативной, методической, проектной документацией и инструкциями по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; контроль сроков и качества работ подчиненного персонала по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; контроль соблюдения подчиненным персоналом производственной и трудовой дисциплины, своевременности прохождения проверки знаний и медицинских осмотров; организует разработку и</p> | <p>определяющие направления развития электроэнергетики; Методики проведения противоаварийных и противопожарных тренировок; Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики; Основы трудового законодательства РФ</p> <p>Уметь: Принимать управленческие решения на основе анализа оперативной рабочей ситуации; Оценивать результаты своей деятельности и деятельности подчиненных; Анализировать данные, обрабатывать большие объемы технической информации, систематизировать, интерпретировать информацию по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; Формулировать задания подчиненному персоналу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; Организовывать рабочие места, их техническое оснащение; Контролировать деятельность, исполнение решений; Оценивать потребность в дополнительной подготовке персонала исходя из профиля должности и квалификации работников.</p> <p>Владеть: Навыками распределения производственных задач для подчиненного персонала, расстановка персонала по участкам, бригадам, обслуживаемым объектам; организации обеспечения рабочих мест персонала нормативной, методической, проектной документацией и инструкциями по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; Навыками контроля выполнения сроков и качества работ подчиненного персонала по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей; Навыками контроля соблюдения подчиненным персоналом производственной и трудовой дисциплины, своевременности прохождения проверки знаний и медицинских осмотров; организует разработку и пересмотра</p> | <p>З(ПК-5)8</p> <p>З(ПК-5)9</p> <p>З(ПК-5)10</p> <p>У(ПК-5)1</p> <p>У(ПК-5)2</p> <p>У(ПК-5)3</p> <p>У(ПК-5)4</p> <p>У(ПК-5)5</p> <p>У(ПК-5)6</p> <p>У(ПК-5)7</p> <p>В(ПК-1)1</p> <p>В(ПК-1)2</p> <p>В(ПК-1)3</p> |
|--|--|--|---|---|

| | | | |
|--|--|--|-----------------|
| | пересмотра должностных инструкций подчиненного персонала; организация и контроль соблюдения подчиненным персоналом требований промышленной, пожарной, экологической безопасности и охраны труда в процессе работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей, принятие мер по устранению выявленных нарушений; организация и проведение инструктажей, тренировок, технической учебы персонала по работе с закрепленным оборудованием подстанций электрических сетей, по охране труда, пожарной и промышленной безопасности | должностных инструкций подчиненного персонала; Навыками организации и контроля соблюдения подчиненным персоналом требований промышленной, пожарной, экологической безопасности и охраны труда в процессе работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей, принятия мер по устранению выявленных нарушений; организация и проведение инструктажей, тренировок, технической учебы персонала по работе с закрепленным оборудованием подстанций электрических сетей, по охране труда, пожарной и промышленной безопасности | В(ПК-1)4 |
|--|--|--|-----------------|

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре основной образовательной программы.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин:

1. физика;
2. теоретические основы электротехники;
3. электротехнические материалы и технологии.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентами при изучении последующих дисциплин «Электромагнитная совместимость», «Техническая эксплуатация судна», «Основы расчета и проектирования электроэнергетических систем».

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Тематический план дисциплины

ЗФО

| Наименование разделов и тем | Всего часов | Аудиторные занятия | Контактная работа по видам учебных занятий | | | Самостоятельная работа | Формы контроля |
|--|-------------|--------------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|---|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | | |
| | 135 | 14 | 6 | 8 | - | 121 | |
| Тема 1. Разряд в газах и общие характеристики внешней изоляции Введение. Общая характеристика внешней | 66 | 6 | 2 | 4 | | 60 | Практикум, Собеседование, Зачет с оценкой |

| | | | | | | | |
|--|-----|----|---|---|--|-----|---|
| изоляция электроустановок. Основные виды электрического разряда в газах. Напряжения, воздействующие на изоляцию. Физические процессы при ионизации в газе. Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Лавина электронов. Несамостоятельный и самостоятельный разряды. | | | | | | | |
| Тема 2. Коронный разряд на линиях электропередач. Корона на проводах при постоянном напряжении. Корона на проводах при переменном напряжении. Потери на корону. Методы уменьшения потерь на корону. | 69 | 8 | 4 | 4 | | 61 | Практикум, Собеседование, Зачет с оценкой |
| Экзамен | 9 | | | | | | |
| Всего | 144 | 14 | 6 | 8 | | 121 | |

2.2. Описание содержания дисциплины «Техника высоких напряжений»

Раздел 1. Напряжения, воздействующие на изоляцию.

Темы раздела 1:

Введение. Общая характеристика внешней изоляции электроустановок. Основные виды электрического разряда в газах. Напряжения, воздействующие на изоляцию. Физические процессы при ионизации в газе. Возбуждение и ионизация атомов и молекул. Лавина электронов. Несамостоятельный и самостоятельный разряды. Плазма. Переход от лавинной формы самостоятельного разряда к искровому разряду в малых искровых промежутках с равномерным полем. Образование стримеров. Закон Пашена. Самостоятельный разряд в неравномерном поле. Лавинная корона. Стримерная корона. Переход стримера в искровой разряд в промежутках с неравномерным полем. Переход стримера в искровой разряд в длинных воздушных промежутках. Лидерная стадия разряда. Главный разряд в длинных промежутках. Искра. Длинная дуга в воздухе. Последовательность стадий газового разряда. Барьерный эффект. Влияние времени приложения напряжения на электрическую.

Раздел 2. Коронный разряд на линиях электропередач. Корона на проводах при постоянном напряжении. Корона на проводах при переменном напряжении. Потери на корону. Методы уменьшения потерь на корону.

Темы раздела 2:

Коронный разряд на линиях электропередач. Корона на проводах при постоянном напряжении. Корона на проводах при переменном напряжении. Разряды в жидких и твердых диэлектриках. Электрические характеристики внутренней изоляции электроустановок. Основные особенности изоляционных жидкостей. Механизм пробоя жидких диэлектриков. Маслбарьерная изоляция. Примеры применения маслбарьерной изоляции: силовые трансформаторы, вводы. Твердая изоляция. Тепловой, электрический и ионизационный пробой твердой изоляции. Газовая и вакуумная изоляция. Испытательные установки и измерения высоких напряжений. Измерения на высоком напряжении. Электростатические киловольтметры. Измерение максимальных значений напряжения с помощью шаровых разрядников. Измерение напряжения с помощью делителей. Линейная и станционная изоляция. Профилактика изоляции установок высокого напряжения. Профилактика изоляции. Основные методы профилактики изоляции. Профилактика изоляции силовых трансформаторов, линейной изоляции, вращающихся машин, кабелей. Грозовые перенапряжения и защита от них. Молниезащита электрических станций и подстанций. Вентильные разрядники. Нелинейные ограничители перенапряжений. Молниезащита зданий и сооружений. Молниезащита зданий и сооружений I категории, II категории, III категории.

2.3 Лабораторные работы

Лабораторные работы и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

2.4 Самостоятельная работа студента

| № п/п | Виды самостоятельной работы студента | Объем, час. |
|--------|---|-------------|
| 1 | Изучение лекционного материала | 108 |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям | 4 |
| 6 | Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов) | 9 |
| Итого: | | 121 |

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся

В целом внеаудиторная самостоятельная работа обучающегося при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим занятиям;
- работа над курсовым проектом;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по

дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к практическим и лабораторным занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к практическим занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;

- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамен)

1. Уровни рабочего напряжения, ограничения.
2. Понятие о внешней, внутренней изоляции. Характеристики внешней изоляции.
3. Виды электрических полей.
4. Виды ионизаций.
5. Лавина электронов.
6. Самостоятельный разряд.
7. Коронный разряд в газе.
8. Методы уменьшения потерь на корону.
9. Основные особенности минерального масла как диэлектрика.
10. Механизм пробоя жидких диэлектриков.
11. Маслобарьерная изоляция. Примеры применения маслобарьерной изоляции.
12. Твердая изоляция.
13. Виды пробоя твердой изоляции.
14. Общая характеристика испытаний изоляции.
15. Испытательные трансформаторы. Каскадные схемы.
16. Генераторы импульсных напряжений (ГИН).
17. Генераторы импульсных токов (ГИТ).
18. Контроль изоляции с помощью индикатора частичных разрядов (ИЧР).
19. Методы измерений высоких напряжений.
20. Высокоточные изоляторы. Классификация.
21. Изоляция силовых трансформаторов. Профилактика изоляции силовых трансформаторов.
22. Изоляция вращающихся электрических машин. Профилактика изоляции вращающихся электрических машин.
23. Изоляция кабелей, силовых конденсаторов. Профилактика изоляции кабелей.
24. Основные методы профилактики изоляции.
25. Молния как источник грозовых перенапряжений. Параметры молнии. Воздействие тока молнии.
26. Защита от прямых ударов молнии. Стержневые, тросовые молниеотводы.
27. Разрядники. Характеристики и область применения.
28. Молниезащита ВЛ.
29. Вентильные разрядники.
30. Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН).
31. Схемы молниезащиты подстанций.
32. Молниезащита зданий и сооружений I категории.
33. Молниезащита зданий и сооружений II категории.
34. Молниезащита зданий и сооружений III категории.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

5.1. Основная литература:

1. **Родионов Н.Н.** Техника высоких напряжений: учеб. пособие / Н.Н. Родионов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т. 2013. – 93с.:ил.
2. Российский морской Регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Т1., Т2 – СПб: Изд. РМРС, 2018.
3. Правила по электробезопасности при электроснабжении ремонтируемых и строящихся судов морского флота (ПОТ Р О-152-31.83.03-97).
4. Требования Российского Регистра Судоходства к электрооборудованию напряжением 1-15кВ.

5.2. Дополнительная литература:

1. Техника высоких напряжений. Примеры и задачи: практикум по дисциплине «Техника высоких напряжений» [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. [авт.-сост.: А. В. Лобанов, Ю. В. Рахманова, Л.Э.Рогинская]. Уфа: УГАТУ, 2021. – URL:https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-70.pdf.
2. Техника высоких напряжений: учеб. пособие / В. Ф. Важов и др. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 208 с.
3. **Михалков А. В.** Техника высоких напряжений: учеб. пособие. М.: Изд-во Высш. шк, 1965. 227 с.
4. **Родионов Н. Н.** Техника высоких напряжений: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. 93 с.
5. **Процук Ю.**, Терзи И. З. Техника высоких напряжений: сборник задач с решениями / под ред. И. К. Стратан. ТУМ. 2004.
6. Дополнительные правила безопасности при эксплуатации судовых установок напряжением выше 1000 В

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Российское образование. Федеральный портал: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Буквоед»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://91.189.237.198:8778/poisk2.aspx>

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (экзамен).

Лекции посвящаются рассмотрению наиболее важных и общих вопросов.

Целью проведения практических занятий является закрепление знаний обучающихся, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, такие как:

- проблемная лекция, предполагающая изложение материала через проблемность вопросов, задач или ситуаций. При этом процесс познания происходит в научном поиске, диалоге и сотрудничестве с преподавателем в процессе анализа и сравнения точек зрения;
- лекция-визуализация – представление материала осуществляется средствами технических средств обучения с кратким комментированием демонстрируемых визуальных материалов (презентаций).

7. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине не предусмотрено выполнение курсового проекта.

8. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

8.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

- электронные образовательные ресурсы, представленные выше;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

8.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- текстовый редактор MicrosoftWord;
- пакет Microsoft Office;
- электронные таблицы MicrosoftExcel;
- презентационный редактор MicrosoftPowerPoint.

8.3 Перечень информационно-справочных систем

- справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>
- справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия: проводятся в аудиториях учебных корпусов согласно расписанию. Аудитория должна соответствовать стандартным требованиям, предъявляемым к лекционным аудиториям. К оснащению лекционных аудиторий дополнительные требования не предъявляются.

2. Лабораторные работы:

- лаборатория
- доска классная;
- 25 посадочных мест;
- Стеллажи для приборов и оборудования;
- Шкафы для приборов и оборудования;
- Рабочее место преподавателя;
- Амперметры;
- Вольтметры;

Однофазные ваттметры;
Однофазные и трехфазные фазометры;
Магазины сопротивлений;
Осциллографы;
Реостаты;
Катушки индуктивности;
Автотрансформаторы;
Комплекты измерительных приборов (К-50)
Для эффективной работы студент может использовать пакеты ПО общего назначения: Microsoft Word; Microsoft Excel;
Специализированные программы: Mathcad.

По выполненным лабораторным работам студент составляет отчеты. Отчёт оформляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой ЭУЭС к отчётам о лабораторных работах. Защита отчетов происходит публично на аудиторном занятии преподавателю, ведущему занятия.

Имеются бланки отчётов о лабораторных работах на электронном носителе.

- мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
- презентации в PowerPoint по темам курса.

Дополнения и изменения в рабочей программе на _____ учебный год

В рабочую программу по дисциплине «Техника высоких напряжений» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» для специальности « » вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____

(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭУЭС _____

«__» _____ 202 г.

Заведующий кафедрой

_____ / _____

подпись

ФИО

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет МОРЕХОДНЫЙ

Кафедра «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан мореходного факультета



С.Ю. Труднев

«23» октября 2024 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ

«Техника высоких напряжений»

по направлению подготовки
13.03.02 «Энергетика и электротехника»
(уровень бакалавриат)

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский
2024

Фонд оценочных средств дисциплины составлен на основании ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (уровень бакалавриат), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 23.10.2024 г., протокол № 2.

Составитель фонда оценочных средств
К.т.н., доцент кафедры «ЭУЭС»



(подпись)

Рак А.Н.
(ФИО.)

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«17» октября 2024 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«23» октября 2024 г.



Белов О.А.

АКТУАЛЬНО НА

2025 / 2026 учебный год



(подпись)

Белов О.А.
(ФИО. зав.кафедрой)

2026 / 2027 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2027 / 2028 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2028 / 2029 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2029 / 2030 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации студентов по дисциплине «Техника высоких напряжений» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

1. паспорт фонда оценочных средств по дисциплине;
2. перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
3. описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания;
4. методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Техника высоких напряжений»

| № | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|---|---|---|---|
| 1 | Раздел 1. Теоретические основы техники высоких напряжений | ПК-1, ПК-5 | Контроль СРС, защита практических работ |
| 2 | Раздел 2. Судовое высоковольтное оборудование | | |

2 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Наименование контролируемой компетенции | Наименование дисциплины формирующей компетенцию | Этапы формирования компетенции | | | | |
|-------|--------------------------------|--|--|--------------------------------|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | ПК-1 | Способен производить оценку технического состояния электрооборудования | 1. Судовые ИИС | | | 3 | | |
| | | | 2. Физические основы электроники | | | 3 | | |
| | | | 3. Электромагнитная совместимость | | | | 4 | |
| | | | 4. Техника высоких напряжений | | | | 4 | |
| 2 | ПК-5 | Способен организовывать работу подчиненного персонала | 1. Судовые АЭС | | | | 4 | |
| | | | 2. Судовые электрические, электронные аппараты и системы | | | | 3 | |
| | | | 3. Защита информации | | | 2 | | |
| | | | 4. Техника высоких напряжений | | | | 4 | |
| | | | 5. Производственная практика | | | | | 4 |

3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины для студентов заочной формы обучения осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации в ходе выполнения заданий на практических занятиях, выполнении заданий, вынесенных на самостоятельную работу (СР), а также при сдаче экзамена на 4 курсе (для студентов ускоренной формы обучения) и 4 курсе (для студентов полной формы обучения).

Критерии выставления оценок за практическую работу

Оценка «**отлично**» выставляется, если студент показал глубокие знания и понимание программного материала по теме практической работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «**хорошо**» выставляется, если студент твердо знает программный материал по теме практической работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется, если студент имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме практической работы.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется, если студент допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за самостоятельную работу

Оценка «**отлично**» выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка «**хорошо**» выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется, если студент провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Критерии оценки знаний, умений и навыков на зачете

Оценка студенту на зачете может быть выставлена по текущим оценкам приобретенных практических навыков в ходе прохождения практики и при наличии конспекта вопросов, отданных на самостоятельное изучение **при условии отсутствия пропусков занятий без уважительной причины**.

При несоблюдении данных условий студент дополнительно проходит собеседование по теоретическим вопросам. В случае несогласия студента с выставляемой оценкой по результатам выполнения практических заданий в семестре ему предоставляется шанс повысить данную оценку посредством теоретических вопросов.

По результатам собеседования студенту выставляется оценка:

«**отлично**», если студент показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач, безусловно владеет правилами работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

«**хорошо**», если студент твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач, владеет приемами работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

«удовлетворительно», если студент имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности и недостаточно четко выполняет правила работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

«неудовлетворительно», если студент допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике, неуверенно работает с контрольно-измерительной аппаратурой.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации

1. Частичные разряды в изоляции ЭМ: скользящие разряды, коронный разряд.
2. Напряженность электрического поля внутри изоляции ЭМ.
3. Испытательное напряжение.
4. Виды изоляции линий.
5. Изоляционные конструкции и воздушные промежутки.
6. Классификация изоляционных конструкций.
7. Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения.
8. Изоляция электрооборудования станций и подстанций, открытых и закрытых распределительных устройств.
9. Конструктивное выполнение распределительных устройств.
10. Изоляция электрических машин (ЭМ). Виды изоляции ЭМ.
11. Применение изоляции в основных типах ЭМ.
12. Электроизоляционные материалы ЭМ.
13. Частичные разряды в изоляции ЭМ: скользящие разряды, коронный разряд.
14. Напряженность электрического поля внутри изоляции ЭМ.
15. Испытательное напряжение.
16. Внешняя и внутренняя изоляция.
17. Частичные разряды.
18. Электрическая прочность маслобарьерной изоляции.
19. Особенности конструкций силовых трансформаторов.
20. Распределение импульсного напряжения по обмотке при грозовых перенапряжениях.
21. Сухие трансформаторы.
22. Изоляция силовых конденсаторов.
23. Кабели с вязкой пропиткой.
24. Маслонаполненные кабели.
25. Кабели в стальных трубах с маслом или газом под давлением.
26. Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией.
27. Кабельные муфты
28. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Особенности конструкции.
29. Водный триинг.
30. Элегазовая изоляция. Особенности разряда в элегазе.
31. Элегазовые выключатели.
32. Элегазовые комплектные распределительные герметичные устройства (КРУЭ).
33. Вакуумная изоляция.
34. Разрядные напряжения.
35. Вакуумные выключатели. Достоинства вакуумного выключателя.
36. Отключение токов.
37. Процессы в многослойной изоляции.
38. Миграционная поляризация.
39. Кривая возвратного напряжения.
40. Сопrotивление изоляции.
41. Зависимость емкости изоляции от частоты.
42. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$. Измерения $\operatorname{tg} \delta$.

43. Контроль сопротивления изоляции.
44. Контроль емкости изоляции.
45. Хроматографический анализ масла.
46. Контроль диэлектрических потерь в изоляции. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$. Измерения $\operatorname{tg} \delta$.
47. Частичные разряды.
48. Контроль изоляции по параметрам частичных разрядов.
49. Измерения параметров частичных разрядов.
50. Методы испытания электрической прочности изоляции.
51. Испытания изоляции коммутационными импульсами напряжения или напряжением промышленной частоты.
52. Испытания изоляции грозowymi импульсами.
53. Испытания изоляции кабелей, трансформаторов и высоковольтных вводов.
54. Восстановление напряжения при отключении коротких замыканий.
55. Перенапряжения при включении длинных линий.
56. Перенапряжения при рассогласовании фаз.
57. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов.
58. Перенапряжения при отключении асинхронных двигателей.
59. Перенапряжения при отключении емкостных токов.
60. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью.
61. Феррорезонансные перенапряжения.
62. Защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений.
63. Коммутационный разрядник.
64. Высокочастотные ограничители перенапряжений.
65. Шунтирующие реакторы с искровым подключением.
66. Защита от прямых ударов молнии.
67. Защита от обратных перекрытий.
68. Защита от волн, набегающих с линии электропередачи.
69. Защита подходов линии к подстанции.
70. Молниезащита электрических машин высокого напряжения.
71. Молниезащита воздушных линий.
72. Экологические аспекты электроустановок высокого напряжения

Опрос

Опрос проводит преподаватель по всем темам дисциплины. Знания, умения, навыки студента при проведении опроса оцениваются «зачтено», «не зачтено». Основой для определения оценки служит уровень освоения студентами и студентками материала, предусмотренного данной рабочей программой.

Оценивание студента во время дискуссии, опроса по дисциплине «Техника высоких напряжений»

| Оценка | Требования к знаниям |
|--------------|---|
| «Зачтено» | Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, который усвоил предусмотренный программный материал; правильно, с применением примеров, показал систематизированные знания по темам дисциплины, способен связать теорию с практикой, тему вопроса с другими темами данного курса, других изучаемых дисциплин. |
| «Не зачтено» | Оценка «не зачтено» выставляется в следующих случаях: 1. Обучающийся не справился с заданием, не может ответить на вопросы предложенные преподавателем, не обладает целостным представлением об изучаемой теме и ее взаимосвязях. 2. Ответ на вопрос полностью отсутствует. 3. Отказ от ответа. |

Тема 1. Основы электрофизики высоких напряжений

1. Виды электрических полей

2. Классификация ионизационных процессов. Виды ионизации
3. Виды эмиссионных процессов
4. Что называется фотопроцессами?
5. Приведите вывод уравнения самостоятельности электрического разряда в газе.
6. Каков смысл коэффициентов в уравнении самостоятельности электрического разряда в газе?
7. Что такое «стример»? Каков критерий лавинно-стримерного перехода?
8. Каковы особенности разряда в резконеоднородных полях?
9. Что такое «лидер»? Каков критерий стримерно-лидерного перехода?
10. Назовите основные стадии развития молниевых разряда?
11. В чем состоит эффект полярности?
12. Основные типы проводимости жидких диэлектриков?

Тема 2. Изоляция высоковольтного оборудования

1. В чем состоят условия работы и требования, предъявляемые к изоляции высоковольтного электрооборудования?
2. Назначение и конструктивные особенности изоляции воздушных ЛЭП
3. Каково исполнение опорных изоляторов для внутренней и наружной установок?
4. Особенности назначения и конструктивного исполнения проходных изоляторов
5. Высоковольтные вводы: назначение, тип изоляции, конструктивное исполнение. Современные типы высоковольтных вводов.
6. Каковы характеристики основных материалов применяемых в силовых конденсаторах?
7. Конструктивные особенности изоляции трансформаторов напряжения
8. Силовые трансформаторы: назначение, конструктивное исполнение изоляции

Тема 3. Перенапряжения в электрических системах

1. Классификация перенапряжений и их кратность
2. В чем состоит принципиальное отличие внешних перенапряжений от внутренних?
3. Почему грозовые перенапряжения наиболее опасны для сетей средних классов напряжения, а коммутационные для сетей высших классов напряжений?
4. Грозозащита ЛЭП и подстанций
5. Защита подстанций от набегающих волн
6. Зона защиты тросового молниеотвода
7. Каким образом импульсная корона влияет на параметры грозового импульса, распространяющегося по линии электропередачи?
8. В чем заключаются принципы работы ограничителя перенапряжений?
- 9.

Дополнительные вопросы на тему СРС: Получение и измерение высоких напряжений

1. Как классифицируются трансформаторы в высоковольтной технике?
2. Какие требования предъявляются к испытательным трансформаторам?
3. В силу, каких причин повышение напряжения трансформатора более 750 кВ оказывается нецелесообразным?
4. Способы получения напряжения постоянного тока
5. Приведите схему и поясните принцип работы генератора импульсных токов
6. В чем состоит принципиальное различие в работе ГИН и ГИТ?
7. Назовите способы измерения высоких напряжений. В чем состоят сложности при измерении на высоком напряжении?
8. В каких областях современной индустрии используется высоковольтное испытательное оборудование?

Методические указания по выполнению практических работ

Задача 1

Подобрать изоляторы для крепления и изоляции токоведущих частей электроустановки, номинальное напряжение которой указано в таблице № 1, тип – в таблице № 2.

Таблица 1

| | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|----|----|-----|----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Номинальное напряжение электроустановки, кВ | 0,825 | 150 | 6 | 10 | 20 | 220 | 35 | 110 | 220 | 330 |

Таблица 2

| Номер варианта по последней цифре шифра | Вид токоведущих частей электроустановки |
|---|--|
| 0 | Провода линий электропередачи |
| 1 | Сборные шины жесткие |
| 2 | Сборные шины гибкие |
| 3 | Ввод в силовой трансформатор |
| 4 | Ввод в здание |
| 5 | Ввод в выключатель |
| 6 | Токоведущие части камеры распределительного устройства |
| 7 | Ножи разъединителя |
| 8 | Провода линий электропередачи |
| 9 | Ввод в подстанцию |

Для выбранных изоляторов необходимо:

- Дать обоснование правильности их выбора.
- Начертить эскиз конструкции изолятора.
- Дать определение и привести числовые значения основных электрических и механических характеристик изоляторов.
- Указать диэлектрические материалы, из которых изготавливаются изоляторы.
- Описать назначение арматуры и указать материалы, из которых она изготавливается.

Методические указания к решению задачи 1

Используемые в устройствах и промышленных электроустановках изоляторы обеспечивают механическое крепление токоведущих частей, изоляцию их друг от друга и относительно земли.

Материал по данному разделу изложен в [1, с. 73–93, 139–165; 2, с. 90–183, 198–219; 3, с. 46–66].

Задача 2

Одножильный кабель напряжением U_k , в имеющий радиус заземленной герметизированной оболочки $R_{см}$, радиус токоведущей жилы $r_{см}$.

Определить:

- Характер изменения напряженности электрического поля у поверхности токоведущей жилы при постепенном увеличении ее радиуса от r до R , R не изменяется и равен заданной величине.
- Распределение потенциала в толщине изоляции при неизменных значениях r и R .
- Определить максимальную и минимальную напряженность электрического поля для заданной конструкции изоляции кабеля на поверхности токоведущей жилы и герметизированной оболочки.
- Определить напряженность электрического поля в слоях градирующей изоляции кабеля. Изоляция состоит из двух слоев одинаковой толщины с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ_1 и ϵ_2

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2}$$

Числовые значения заданных величин указаны в таблицах № 3, № 4 и № 5.

Методические указания к решению задачи 2

В соответствии с теоремой Гаусса напряженность электрического поля (градиент) по поверхности жилы кабеля определяется из выражения

$$E = \frac{U}{r_x \varepsilon n R / r},$$

где: r – радиус токоведущей жилы кабеля; R – радиус герметизированной оболочки кабеля.

Меняя значение r_x от величины r до величины R (примерно $n=5\div 6$ точек) определить напряженность электрического поля и построить зависимость $E = f(r_x)$ – среди принятых значений r_x обязательно взять значение $\frac{R}{r_x} = e$.

Для расчета характеристики изменения потенциала в слое изоляции воспользуемся выражением

$$U_x = \frac{U}{\lg \frac{R}{r}} \lg \frac{R}{r_x}.$$

принимаемое значение r_x от оси радиуса жилы до радиуса оболочки найти значения и построить зависимость $U_x = f(r_x)$ – Значения r_x принять те же, что при определении E_x .

Принимая значение r и R неизменными определить E_{\max} и E_{\min} в изоляции кабеля.

Для увеличения допустимых рабочих напряжений в силовых кабелях применяют ряд методов. Один из них – градирование изоляции, которое выполняется с помощью бумаги различной плотности и толщины. Более тонкая и плотная бумага имеет большую диэлектрическую проницаемость s , и навивается слоем ближе к токоведущей жиле. Слои более удаленные от жилы выполняются из бумаги, имеющей меньшую диэлектрическую проницаемость s_2 .

Напряженность электрического поля в пределах слоя изменяется по гиперболической кривой.

$$E_x = \frac{U}{r_x \lg \frac{r_{x+1}}{r_x} \left(\frac{c_x}{c_1} + \frac{c_x}{c_2} + \dots + \frac{c_x}{c_n} \right)}$$

где: c_x – емкость слоя в котором определяется напряженность электрического поля; r_{x+1} – внешний радиус исследуемого поля; r_x – внутренний радиус исследуемого слоя.

Емкость, приходящаяся на единицу длины любого слоя, определяется по формуле

$$c_x = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_x}{\lg \frac{r_{x+1}}{r_x}}$$

где: ε_0 – электрическая постоянная, установленная опытным путем и равная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/М; ε_x – относительная диэлектрическая проницаемость среды.

На основании полученных данных построить зависимость $E=f(r_x)$, $U_x = f(r_x)$ $E = f(R)$ для неградированной и градированной изоляции в одних координатных осях.

Более подробно материалы по данному вопросу изложены в [1, с. 26–30, с. 120–122, с. 139–143, с. 147–156; 3, с. 138–145; 4, с. 87–93].

| Номинальное напряжение кабельной жилы | Номер варианта по предпоследней цифре | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 35 | 330 | 110 | 220 | 150 | 35 | 220 | 110 | 500 | 35 |

Таблица 4

| Радиус токоведущей жилы кабеля, r см | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 0,9 | 1,4 | 0,8 | 1,5 | 1,4 | 0,8 | 1,6 | 0,9 | 1,8 | 0,7 |
| Радиус герметизированной оболочки, R см | 3,6 | 5,5 | 4,2 | 4,4 | 3,8 | 3,2 | 4,8 | 3,9 | 6,8 | 3,7 |

Таблица 5

| | Номер варианта по предпоследней цифре шифра | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Значение ε_1 | 4 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 3,6 | 4,3 | 4,2 | 4,1 |
| Значение ε_2 | 3 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 3,2 | 3,3 |

Задача 3

Для защиты здания шириной a , длиной b и высотой h от прямых ударов молнии установлен одиночный стержневой молниеотвод. Удельное сопротивление грунта ρ_3 , Ом/м; ток молнии I , кА. Требуется:

– Начертить эскиз контура заземления молниеотвода, состоящий (в общем случае) из нескольких вертикальных и горизонтальных электродов.

– Рассчитать:

- импульсное сопротивление контура молниеотвода R_M ;
- минимальное допустимое расстояние от молниеотвода до защищаемого объекта L_{Bmin} (по воздуху), L_{3min} (в земле);
- радиус зоны защиты r_h на высоте h ;
- высоту молниеотвода H .

Числовые значения заданных величин приведены в таблицах № 6 и № 7.

Таблица 6

| Величина и единица измерения | Номер варианта по предпоследней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| a , м | 3 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 |
| b , м | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 |
| h , м | 12,0 | 11,5 | 11,0 | 10,5 | 10,0 | 9,5 | 9,0 | 8,5 | 8,0 | 7,5 |

Таблица 7

| Величина и единица измерения | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I , кА | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| ρ_3 , Ом/м | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |

Методические указания к решению задачи 3

Защитное действие молниеотводов основано на том, что молния избирательно поражает возвышающиеся и хорошо заземленные объекты.

Поэтому при расчете зон защиты молниеотводов необходимо определить его высоту H и сопротивление контура заземления R . Заземление молниеотвода предназначено для безопасного отвода в землю токов молний.

Для обеспечения грозоупорности линий электропередачи и подстанций необходимо учитывать то, что при прохождении импульсных токов молнии через заземляющие электроды плотность токов велика, поэтому сопротивление заземлителя, так называемое импульсное сопротивление R_u отличается от стационарного заземления. Отношение импульсного и стационарных сопротивлений заземления называется импульсным коэффициентом.

$$\alpha_u = R_u / R$$

Значение импульсных коэффициентов α_u приведены в таблице № 8.

Если заземлитель выполнен в виде контура, состоящего из нескольких вертикальных заземлителей, то необходимо учитывать экранирующее действие электродов друг на друга путем введения коэффициентов использования. При этом импульсное сопротивление определяется

$$R_u = \alpha_u R / \eta_u \cdot n$$

где: n – число вертикальных заземлителей; η_u – импульсный коэффициент использования, значение которого приведено в таблице № 8.

Формулы для вычисления сопротивления растекания приведены в рекомендуемой литературе.

При прохождении токов молнии по молниеотводу создается падение напряжения на сопротивление заземлителя и индуктивности токовода, что может привести к обратному перекрытию от отдельно стоящего молниеотвода на какую-либо часть распределительного устройства. Поэтому при установке на подстанции отдельно стоящих молниеотводов должны соблюдаться безопасные расстояния по воздуху и в земле от молниеотводов и их заземлителей до элементов распределительного устройства.

Таблица 8

Значения импульсных коэффициентов α_u и η_u

| № п/п | Заземлитель | α_u при удельном сопротивлении грунта ρ ом×м | | | | η_u |
|-------|--|--|------|------|------|----------|
| | | 100 | 200 | 500 | 1000 | |
| 1. | Вертикальные стержни, соединенные по косой (расстояние между стержнями вдвое больше их длины) в количестве: | | | | | |
| 1.1 | 2-4 | 0,5 | 0,45 | 0,3 | — | 0,75 |
| 1.2 | 8 | 0,7 | 0,55 | 0,4 | 0,3 | 0,75 |
| 1.3 | 15 | 0,8 | 0,7 | 0,55 | 0,4 | 0,75 |
| 2. | Две горизонтальные полосы длиной 5 м, расходящиеся в противоположные стороны от точки присоединения токоотвода | 0,65 | 0,55 | 0,45 | 0,4 | 1 |
| 3. | Три полосы длиной по 5 м, симметрично расходящиеся от точки присоединения токоотвода | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,75 |

Расстояние по воздуху L_B при расчетных параметрах тока молнии и допустимой напряженности электрического тока в воздухе $E_B = 500$ кВ/м определяется по формуле

$$L_B = \frac{U_h}{E_B}$$

Расстояние в земле L_3 между заземлителем отдельно стоящего молниеотвода и ближайшей к нему точкой заземляющего устройства подстанции при допустимой напряженности поля в земле $E_3 = 300$ кВ/м рассчитывается как

$$L_3 = \frac{U_h}{E_3}$$

При этом L_B **должно** быть не менее 5 м, а L_3 – не менее 3 м. Напряжение U_h на высоте объекта h определяется по формуле

$$U_h = I_m \cdot R_u + a \cdot L_0 \cdot h,$$

где: I_m – амплитуда тока молнии; a – расчетная крутизна тока молнии $a=30$ кА/мкс; L_0 – индуктивность единицы длины токовода, $L_0=1,7$ МКгН/М.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представляет собой пространство вблизи молниеотвода, ограниченное конусообразной поверхностью.

Радиус зоны защиты на высоте h может быть вычислен по формуле

$$R_h = \sqrt{(L_{B \min} + a)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

Зона защиты одиночного молниеотвода при вероятности прорыва зоны защиты 0,05 определится из выражения

$$R_h = 1,5 \left(H - \frac{h}{0,92} \right),$$

где: H – высота молниеотвода в м.

$$H = \frac{\sqrt{(L_{B \min} + a)^2 + \frac{1,5h}{0,92}}}{1,5}$$

Подробно с защитой от прямых ударов молнии можно познакомиться по рекомендуемой литературе [1, с. 254–269, 297–300; 3, с. 220–229; 4, с. 126–134].

Задача 4

Волна перенапряжения u_0 приходит с линии с волновым сопротивлением Z_1 на высоковольтное оборудование с волновым сопротивлением Z_2 и минимальным разрядным напряжением U_M . Форма проходящей волны определяется уравнением

$$u_0 = U \left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}} \right).$$

Для защиты оборудования установлен ограничитель перенапряжения (ОПН). Вольт-амперная характеристика ограничителя определяется данными таблицы № 9. Импульсное пробивное напряжение ограничителя $u_{\text{имп}} = 100$ кВ.

– Постройте график волны

$$u_0 = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

– Постройте график изменения напряжения на разряднике и защищаемом им оборудовании и дайте заключение об эффективности применения разрядника с данной вольт-амперной характеристикой. Числовые значения заданных величин указаны в таблицах № 10 и № 11.

Таблица 9

| | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| i_p , кА | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 10 |
| U_0 , кВ | 44 | 50 | 54 | 60 | 72 | 86 | 88 | 94 | 98 |

Таблица 10

| Величина и единица измерения | Номер варианта по предпоследней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| u , кВ | 550 | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| u_m , кВ | 200 | 190 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 190 | 110 | 100 |

Таблица 11

| Величина и единица измерения | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Z_1 , Ом | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |
| Z_2 , Ом | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 250 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| T_1 , мкс | 53,0 | 51,7 | 50,3 | 48,8 | 54,5 | 24,4 | 38,7 | 67,4 | 70,8 | 68,1 |
| T_2 , мкс | 0,528 | 0,728 | 0,944 | 1,17 | 0,333 | 0,586 | 0,546 | 0,515 | 0,16 | 0,333 |

Методические указания к решению задачи 4

Ограничители перенапряжений устанавливаются для защиты оборудования устройств электроснабжения от набегающих волн перенапряжения. При установке ограничителя необходимо осуществить координацию изоляции – согласовать защитные характеристики ограничителя с импульсными характеристиками защищаемого оборудования. Остающееся на ограничителе напряжение должно быть ниже импульсного разрядного напряжения изоляции.

Подробно способ решения подобной задачи изложен в [1, с. 300–304; 3, с. 272–278; 4, с. 152–162]. Построение выполняется до напряжения, равного половине максимального напряжения падающей волны с учетом коэффициента преломления

$$\alpha = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Методические указания по написанию РЕФЕРАТА

С целью закрепления учебного материала и более детальной проработки отдельных вопросов студенты выполняют реферат по одной из предложенных тем. Тема и сроки выполнения реферата согласовываются с преподавателем.

При выполнении реферата отрабатываются навыки по систематизации, закреплению и расширению теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных прикладных задач. Также развиваются навыки работы с учебной, научной литературой и нормативно-технической документацией.

Объем реферата составляет 15-25 страниц формата А-4 и включает в себя титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение и список использованной литературы и электронных источников. Основная часть включает в себя 2-3 главы, которые в свою очередь могут делиться на параграфы и пункты.

Документ должен быть набран на компьютере и отпечатан на принтере с использованием современных текстовых и, если необходимо, графических редакторов на одной стороне листа (без рамки) белой бумаги формата А4. Размеры полей: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее - 20 мм и нижнее - 20 мм. Рекомендуемое расстояние между строками (базовое) – полтора интервала.

Таблицы, рисунки, чертежи, схемы, графики, фотографии как в тексте, так и в приложении должны быть выполнены на стандартных листах формата А4 (при больших схемах допускается

использовать сложенный лист формата А3). Подписи и пояснения к рисункам должны быть на лицевой стороне.

Нумерация страниц документа, включая приложения, должна быть сквозная по всему тексту (все без исключения листы документа должны быть пронумерованы). Номера страниц прощаются в правом верхнем углу без точки. На титульном листе номер страницы не ставится, а только подразумевается (первая страница).

Текст основной части документа разделяют на главы, параграфы и пункты. Главы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа. Параграфы должны иметь нумерацию в пределах каждой главы, пункты – в пределах каждого параграфа. Номер пункта состоит из номеров главы, параграфа и пункта, разделенных точками. Точка после номера главы, параграфа и пункта не ставится.

Главы, параграфы, пункты должны иметь заголовки. Заголовки печатаются с абзацного отступа, без точки в конце, не подчеркивая. Перенос слов в заголовках не допускается. Если заголовков состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Слова, «Глава», «Параграф», «Пункт» не печатаются ни в оглавлении, ни в заголовках основной части.

Для набора текста использовать следующие стили форматирования:

– **заголовки первого уровня** (главы, введение, заключение, список литературы, приложения): Шрифт: Arial, 16 пт, полужирный, все прописные, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

– **заголовки второго уровня** (параграфы): Шрифт: Arial, 14 пт, полужирный, курсив, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

Если заголовок параграфа следует непосредственно после заголовка главы, то используется интервал Перед: 0 пт.

– **заголовки третьего уровня** (пункты): Шрифт: Arial, 14 пт, курсив, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

– **текст пояснительной записки**: Шрифт: Times New Roman, 14 пт, Отступ: Первая строка: 0,9 см, По ширине, Междустрочный интервал: полуторный, Запрет висячих строк.

– **формулы**: Отступ: Первая строка: 0,9 см, По центру.

Примерный план реферата по дисциплине

Содержание

Введение

1. Основная часть с подпунктами: 1.1, 1.2,...

2. Безопасность и экологичность *электрических машин*

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

Подготовка и работа над рефератом состоит из следующих основных этапов:

1. выбор и согласование темы реферата;
2. разработка общей структуры реферата;
3. сбор и анализ материала по теме реферата;
4. проработка структуры реферата и формирование основной части;
5. оформление реферата и предъявление его на кафедру для рецензирования;
6. защита реферата.

Реферат представляется преподавателю в установленные сроки и определяется даты защиты. Защита реферата осуществляется в виде собеседования по теме реферата.

Шкала оценки сформированности умения написания реферата

| Оценка | Описание |
|--------|----------|
|--------|----------|

| | |
|-----|---|
| «5» | Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к выполнению реферата, выполнены. Представленный материал отличается оригинальностью и логичностью изложения |
| «4» | Демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к реферату, выполнены. |
| «3» | Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к реферату, выполнены. |
| «2» | Требования, предъявляемые к реферату, не выполнены. |

Перечень тем научно– исследовательских работ по наиболее проблемным задачам и вопросам теоретического и практического плана (выдаются наиболее одаренным студентам):

1. Коронный разряд и его особенности. Физические процессы в коронном разряде. Влияние короны на работу электрических систем.
2. Коронный разряд в технологических процессах. Электрофильтры. Электросепарация.
3. Новые методы непрерывного контроля состояния вращающихся машин.
4. Методы обнаружения и контроля разрядных явлений в двигателях и генераторах.
5. Молния – как форма газового разряда. Стадии формирования и основные электрофизические процессы.
6. Фундаментальные процессы в дуговом разряде. Дуговой разряд как причина аварийных режимов в электроэнергетике.
7. Электрический пробой твердых диэлектриков. Теории Хиппеля-Каллена и Фрелиха.
8. Физический механизм теплового пробоя твердых диэлектриков.
9. Процесс электрического старения твердых диэлектриков.

Темы индивидуальных заданий для реферативных работ:

1. Дуговой разряд как причина аварийных режимов в электроэнергетике.
2. Дуговой разряд в технологических процессах. Конструкции плазмотронов и области применения.
3. Теории пробоя жидких диэлектриков. Газохроматографический анализ трансформаторного масла.
4. Физический механизм теплового пробоя твердых диэлектриков.
5. Современные средства защиты от перенапряжений.
6. Молниезащита подстанций и ЛЭП различных классов напряжения.
7. Диагностика мощных трансформаторов. Виды дефектов и современные методы их определения.
8. Диагностика мощных трансформаторов. Непрерывный контроля состояния.
9. Диагностика мощных трансформаторов. Газохроматографический анализ масла и тепловизионный контроль.
10. Типы и конструкции силовых конденсаторов. Косинусные конденсаторы.
11. Высоковольтные вводы. Типы конструкций и современные методы диагностики.
12. Высоковольтные кабели. Конструкция изоляции и методы контроля состояния.
13. Измерение высокого импульсного напряжения и больших импульсных токов.

4 Методические материалы определяющие, процедуры оценивания знаний, умений, навыков и или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций по дисциплине проводятся в форме текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

Текущий контроль проводится в течение сессии с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления препода-

вателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а так же для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная и итоговая аттестации по дисциплине проводится в виде контрольного опроса.

За знания, умения и навыки, приобретенные обучающимися в период их обучения, выставляются оценки: «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО».

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется система оценки качества освоения образовательной программы.

Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся.

Процедура оценивания – порядок действий при подготовке и проведении аттестационных испытаний и формировании оценки.

Аттестационные испытания проводятся ведущим преподавателем по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующую функцию в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением заведующим кафедрой.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

– Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.

– Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 20/30 минут соответственно, (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

– Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

– Результаты выполнения аттестационных испытаний, проводимых в письменной форме, форме итоговой контрольной работы или компьютерного тестирования, должны быть объявлены обучающимся и выставлены в зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»
Мореходный факультет
Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Методические указания к практической работе
для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электрооборудование и
автоматика судов»
заочной формы обучения

Петропавловск-Камчатский

2024

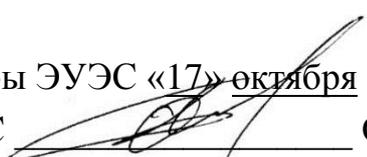
Белов Олег Александрович, к.т.н., доцент кафедры ЭУЭС

Техника высоких напряжений: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» заочной формы обучения / О.А. Белов – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. – с.53

Методические указания к самостоятельной работе составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов», утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (уровень бакалавриат).

Обсуждены:

на заседании кафедры ЭУЭС «17» октября 2024 г., протокол № 4

Зав. кафедрой ЭУЭС  О.А. Белов

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Техника высоких напряжений» рассмотрены и утверждены на заседании УМС протокол № 2 от «02» октября 2024 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Практическая работа студентов (ПРС) по дисциплине «Техника высоких напряжений» является важной составляющей частью подготовки студентов по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» и выполняется в соответствии с ФГОС ВО. Основной целью ПРС является:

- формирование у студентов стройной и устойчивой системы знаний о фундаментальных закономерностях зажигания и развития электрических разрядов в диэлектрических средах, механизмах пробоя диэлектриков при воздействии сильных электрических полей, видах изоляции высоковольтного оборудования и методах контроля ее состояния, способах получения и измерения высоких напряжений, природе возникновения перенапряжений и способов защиты от них.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» изучение дисциплины «Техника высоких напряжений» направлено на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

- способность производить оценку технического состояния электрооборудования (ПК-1);
- способность организовывать работу подчиненного персонала (ПК-5).

1.2. В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- нормальные, аварийные, послеаварийные и ремонтные режимы работы отдельных воздушных и кабельных линий электропередачи, допустимые перегрузки по току и температурам воздушных и кабельных линий электропередачи;
- марки, конструктивное исполнение кабелей;
- основы трудового законодательства Российской Федерации в объеме, необходимом для выполнения трудовых обязанностей;
- передовой производственный опыт организации эксплуатации и ремонта линий электропередачи;
- порядок сдачи в ремонт и приемки из ремонта кабельных линий электропередачи;
- правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования;
- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей;
- технические характеристики, конструктивные особенности основного оборудования и сооружений воздушных и кабельных линий;

- требования охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты, регламентирующие деятельность по трудовой функции;
- инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве;
- законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по вопросам производственного планирования и оперативного управления производством;
- нормативные правовые акты и методические документы по вопросам деятельности подразделения;
- положения и инструкции по расследованию и учету технологических нарушений, несчастных случаев на производстве;
- методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей;
- принципы и правила производственного планирования в организации в части технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей;
- нормативные правовые акты, определяющие направления развития электроэнергетики;
- методики проведения противоаварийных и противопожарных тренировок;
- правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики; основы трудового законодательства Российской Федерации.

1.3. В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

- вести техническую и отчетную документацию;
- выявлять дефекты на кабельных линиях электропередачи;
- применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи;
- применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий;
- работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами;
- принимать управленческие решения на основе анализа оперативной рабочей ситуации;
- оценивать результаты своей деятельности и деятельности подчиненных;
- формулировать задания подчиненному персоналу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- организовывать рабочие места, их техническое оснащение;

- контролировать деятельность, исполнение решений;
- оценивать потребность в дополнительной подготовке персонала исходя из профиля должности и квалификации работников.

1.4. В результате изучения дисциплины студент должен владеть навыками:

- навыками подготовки, согласования и передачи исполнителям ремонта утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ, карт организации труда и технологической ремонтной документации, необходимой для производства работ на закрепленном оборудовании;
- подготовки статистической отчетности в соответствии с утвержденным перечнем;
- проведения тренировок, занятий по отработке действий персонала при чрезвычайных ситуациях, обучению безопасным приемам и методам труда и оказанию первой помощи пострадавшим;
- сбора и анализа информации об отказах новой техники и электрооборудования;
- навыками распределения производственных задач для подчиненного персонала, расстановка персонала по участкам, бригадам, обслуживаемым объектам;
- организации обеспечения рабочих мест персонала нормативной, методической, проектной документацией и инструкциями по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- контроль сроков и качества работ подчиненного персонала по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- контроль соблюдения подчиненным персоналом производственной и трудовой дисциплины, своевременности прохождения проверки знаний и медицинских осмотров;
- организует разработку и пересмотра должностных инструкций подчиненного персонала;
- организация и контроль соблюдения подчиненным персоналом требований промышленной, пожарной, экологической безопасности и охраны труда в процессе работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей, принятие мер по устранению выявленных нарушений;
- организация и проведение инструктажей, тренировок, технической учебы персонала по работе с закрепленным оборудованием подстанций электрических сетей, по охране труда, пожарной и промышленной безопасности.

2. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Необходимость обеспечения высоких технико-экономических показателей оборудования для производства и передачи электроэнергии, показателей линий электропередачи (ЛЭП) требует минимизации их габаритов, что при наличии высоких напряжений приводит к появлению сильных электрических полей в изоляционных конструкциях, разделяющих элементы оборудования и линий электропередачи, находящиеся под разными потенциалами (между собой и от заземленных элементов конструкции).

Сильные электрические поля могут вызывать процессы в изоляционных конструкциях, приводящие к нарушению их электроизоляционных свойств, т.е. к возникновению аварийных режимов в энергосистемах. Эти процессы часто развиваются при одновременном воздействии на изоляционные конструкции тепловых и механических нагрузок. Природа этих нагрузок — протекающие в оборудовании и линиях электропередачи сильные электрические токи, переменное электромагнитное поле и воздействия окружающей среды.

При этом необходимо обеспечить надежную работу изоляции оборудования при всех постоянно воздействующих на нее или кратковременно возникающих напряжениях.

Изоляция электрических установок разделяется на внешнюю и внутреннюю. К внешней изоляции относятся воздушные промежутки (например, между проводами различных фаз электропередачи), внешние поверхности твердой изоляции (изоляторов), промежутки между контактами разъединителя и т.п. К внутренней изоляции относятся изоляции обмоток трансформато-

ров и электрических машин, изоляция кабелей, герметизированная изоляция вводов, изоляция между контактами выключателя в отключенном состоянии и т.д. Внутренняя изоляция представляет собой комбинацию твердого и жидкого диэлектриков (например, в трансформаторах) или твердого и газообразного диэлектриков (например, в герметизированных распределительных устройствах с элегазовой изоляцией).

Основной особенностью внешней (воздушной) изоляции является зависимость ее электрической прочности от атмосферных условий: давления, температуры и влажности воздуха. На электрическую прочность изоляторов наружной установки существенно влияют также загрязнения их поверхности и атмосферные осадки.

Электрическая прочность внутренней изоляции электрооборудования практически не подвержена влиянию атмосферных условий. Ее особенностью является старение, т.е. ухудшение электрических характеристик в процессе эксплуатации. Очень трудно избежать возникновения в изоляции так называемых частичных разрядов. Вследствие изменения температурного режима, вызванного колебаниями тока нагрузки, механических воздействий в твердой или жидкой изоляции образуются полости микронных размеров, заполненные газом. В этих полостях возникают частичные разряды. Кроме того, на острых кромках электродов, на крепежных деталях аппаратуры возникает коронный разряд. Под действием этих разрядов изоляция разрушается, загрязняется продуктами разложения.

Вследствие диэлектрических потерь изоляция нагревается. При затрудненном отводе тепла, что характерно для изоляции большой толщины, чрезмерный нагрев может привести к тепловому пробоя изоляции.

Воздушная изоляция после пробоя полностью восстанавливает свои изоляционные свойства, если снимается напряжение или гаснет дуга в месте пробоя.

Пробой твердой и комбинированной изоляции — явление необратимое, приводящее к выходу электрооборудования из строя. Жидкая и внутренняя

газовая изоляция, как правило, после пробоя полностью не восстанавливают свои свойства, пробои приводят к ухудшению их характеристик.

Вследствие этого состояние внутренней изоляции контролируется во время эксплуатации, чтобы выявить развивающиеся в ней дефекты и предотвратить аварийный отказ электрооборудования.

Изоляция электрических установок постоянно находится под воздействием рабочего напряжения. В процессе эксплуатации возможны повышения напряжения сверх рабочего — перенапряжения. Если их источником являются внутренние характеристики энергосистемы — электродвижущие силы генераторов системы, а причиной — нормальные или аварийные коммутации, сопровождающиеся колебательными процессами или резонансными явлениями в системе, то такие перенапряжения называются внутренними. Помимо внутренних перенапряжений на изоляцию электроустановок могут воздействовать также грозовые перенапряжения, причиной возникновения которых являются удары молнии в электроустановки.

Воздушные электрические сети вследствие большой протяженности достаточно часто поражаются молнией. При этом на изоляции линий возникают весьма высокие напряжения, которые изоляция выдержать не может. Происходит пробой воздуха вдоль гирлянды изоляторов, переходящий в поддерживаемый источником рабочего напряжения дуговой разряд.

Помимо нарушения изоляции воздушных линий удары молнии приводят к появлению на проводах импульсов высокого напряжения, которые, распространяясь по проводам, достигают подстанций и воздействуют на установленное там электрооборудование.

Уровень грозовых перенапряжений зависит от интенсивности ударов молнии и характеристик пораженных объектов и поэтому является статистической величиной. Внутренние перенапряжения зависят от вида коммутации, режима и характеристик электрической сети и коммутационных аппаратов.

Ограничение перенапряжений в электрических установках до экономически приемлемых значений производится с помощью защитных аппаратов: трубчатых и вентильных разрядников, нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН).

Взаимное согласование значений воздействующих напряжений, характеристик защитной аппаратуры и электрических характеристик изоляции, обеспечивающее надежную работу и высокую экономичность электрической установки, представляет собой главную технико-экономическую задачу проектирования электроустановки и называется координацией изоляции.

Воздействие сильных электрических и магнитных полей на электротехнические устройства вызывает комплекс проблем с изоляцией и применением высоких напряжений.

Изоляция электрических устройств и техника высоких напряжений последние годы получила значительное развитие. Применение изоляционных материалов в конкретных изоляционных конструкциях вызывает ряд проблем, которые определяются формой и функциями изоляционных конструкций, надежностью их работы в условиях воздействия высоких напряжений и перенапряжений, механических и тепловых нагрузок окружающей среды, а также экономической целесообразностью.

Создание и эксплуатация надежной и долговечной изоляции устройств электроснабжения, защита их от воздействия перенапряжения является основной задачей данной дисциплины.

В соответствии с изложенным, «Техника высоких напряжений» (ТВН) — научная дисциплина, в которой рассматриваются электрические характеристики внешней и внутренней изоляции электроустановок, эксплуатация изоляции при рабочем напряжении, грозовые и внутренние перенапряжения и их ограничение, координация и методы испытания изоляции, а также изоляционные конструкции линий электропередачи и основных видов электрооборудования.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Для более глубокого изучения дисциплины, включающей в себя большой эмпирический материал, необходимо на соответствующих занятиях выполнить практические работы. Лабораторный практикум включает в себя:

- инструктаж по работе в лаборатории техники высоких напряжений, в том числе по технике безопасности;
- проверку знаний основных положений темы, по которой проводится лабораторная работа, оценку подготовленности студентов к проведению лабораторных работ;
- выполнение задания на лабораторных установках.

Обработку результатов эксперимента, их анализ и оформление отчетов по лабораторным работам студенты выполняют самостоятельно.

Перед началом каждого практикума в лаборатории техники высоких напряжений студент проходит инструктаж по технике безопасности и расписывается об этом в специальном журнале.

Выполнение практикума должно начинаться изложением студентами следующих положений:

- цели работы, конкретно и неформально определяющие основные направления изучения в данной лабораторной работе;
- задачи работы, определяющие объем измерений и наблюдений и очерчивающие границы конкретной работы; задачи работы нельзя путать с методикой измерений;
- основные теоретические положения лабораторной работы, которые можно свести к прогнозу ожидаемых результатов и обоснованию прогноза; все высказываемые тезисы должны обосновываться сведением к определению величин, к законам электромагнетизма и теории цепей и к очевидным положениям;

- используемое в работе оборудование, которое имеет прямое отношение к изучаемой дисциплине (принцип работы, устройство, основные узлы, органы управления, порядок работы с оборудованием);
- методика проведения измерений и наблюдений;
- правила техники безопасности при проведении данной лабораторной работы.

Отчетность по лабораторному практикуму должна быть строго индивидуальной. Отчеты по лабораторной работе должны представляться каждым студентом; отчет должен содержать формулировку целей и задач работы, схемы используемого оборудования, таблицы измерений и наблюдений, оформленные требуемые графики зависимостей и выводы по работе. Подчеркиваются основные результаты, полученные в данной работе.

Решение задач и ответы на теоретические вопросы должны быть коротко, но четко обоснованы. При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования.

Отчет должен быть аккуратно оформлен, написан четко и ясно, и иметь поля для замечаний рецензента. В начале работы следует указать учебный шифр студента, номер варианта список заданий варианта. В конце работы следует дать список использованной литературы с указанием года издания.

Работа должна иметь подпись студента и дату.

Графики и рисунки должны быть выполнены аккуратно с использованием чертежных инструментов или компьютерной технологии.

К защите допускаются правильно оформленные работы, с достаточно полным раскрытием темы. Студент должен во время защиты дать пояснения по всему материалу лабораторно-практической работы.

4. МАТЕРИАЛЫ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ»

Лабораторно-практическая работа № 1

Состав и устройство высоковольтного выключателя нагрузки.

Цель работы: ознакомиться с конструктивными особенностями высоковольтного оборудования, изучить состав и устройство высоковольтного выключателя нагрузки.

Задание: Используя выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты изучить состав, устройство и принцип действия основных элементов. Начертить и обосновать схемы возможных вариантов работы КСО-386.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Основные теоретические сведения

Камеры сборные одностороннего обслуживания (КСО) представляют собой разновидность комплектных распределительных устройств – высоковольтного оборудования, применяемого для распределения потоков электроэнергии на несколько отдельных потребляющих сетей. Здесь представлен лабораторный стенд КСО -366М

Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним предназначены для распределительных устройств напряжением 6(10) кВ переменного тока частотой 50 Гц систем с изолированной нейтралью.

Технические характеристики:

- Номинальное напряжение, кВ – 6; 10
- Наибольшее рабочее напряжение, кВ – 7,2; 12
- Род тока - Переменный
- Частота тока, Гц - 50; 60

- Номинальный ток главных цепей, А - 630
- Номинальный ток плавкой вставки предохранителей, А - 20; 31,5; 50; 80; 100
- Номинальный ток отключения выключателя нагрузки при $\cos\varphi_U 0,7$ А - 630
- Наибольший ток отключения выключателя нагрузки при $\cos\varphi_U 0,7$ А - 800
- Электродинамическая стойкость главных цепей, кА - 41*; 51**
- Ток термической стойкости в течение 1 с, кА - 16*; 20**

Габаритные размеры камер, мм:

- высота - 1900; 2550 с мостом
- длина - 500; 800
- глубина - 800

Габаритные размеры мостов, мм:

- типа ШМ: высота - 500 длина - 2550; 3050; 3550 глубина - 855
- типа ШМР: высота - 570 длина - 2950; 3450; 3950 глубина – 855

Состав и расположение элементов выключателя нагрузки и сборных камер одностороннего обслуживания серии КСО-386 представлены на рисунках 1.1

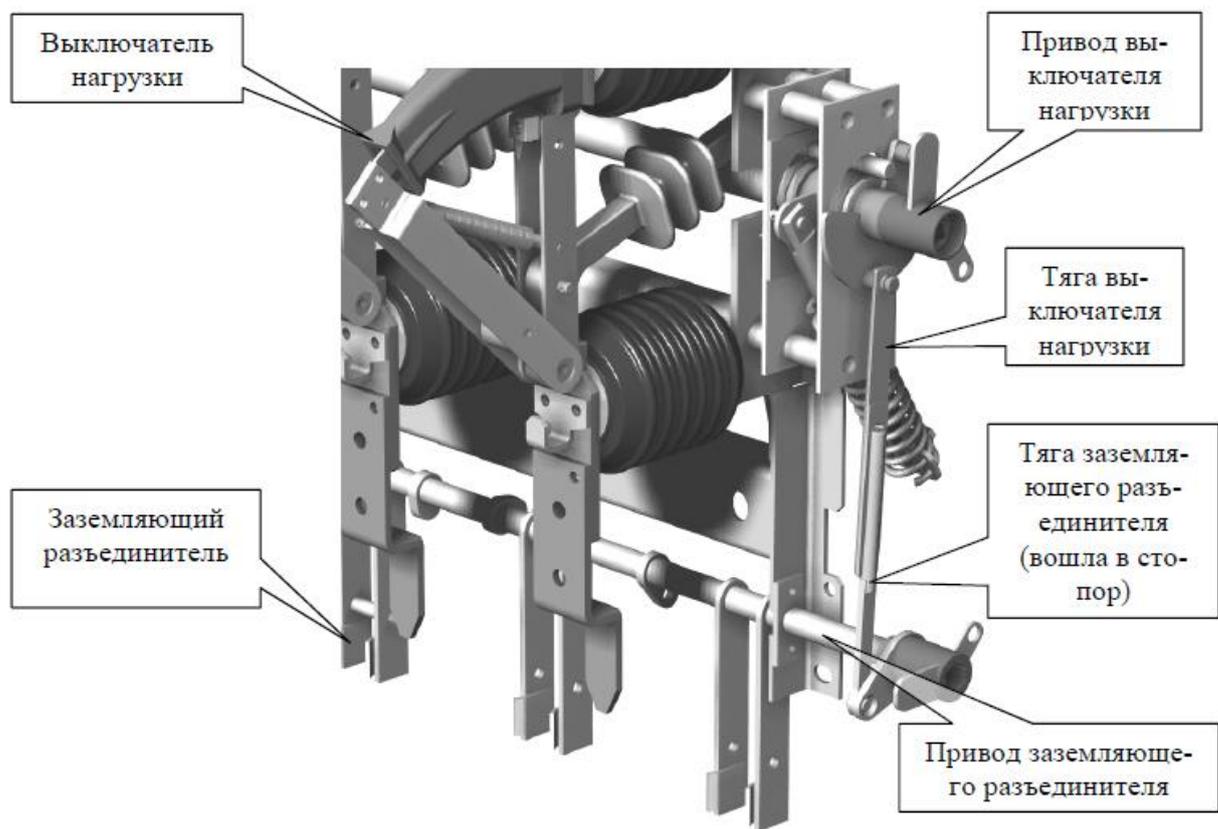


Рисунок 1.1 - Блокировка выключателя нагрузки и заземляющего разъединителя (выключатель нагрузки включен, заземляющий разъединитель отключен).

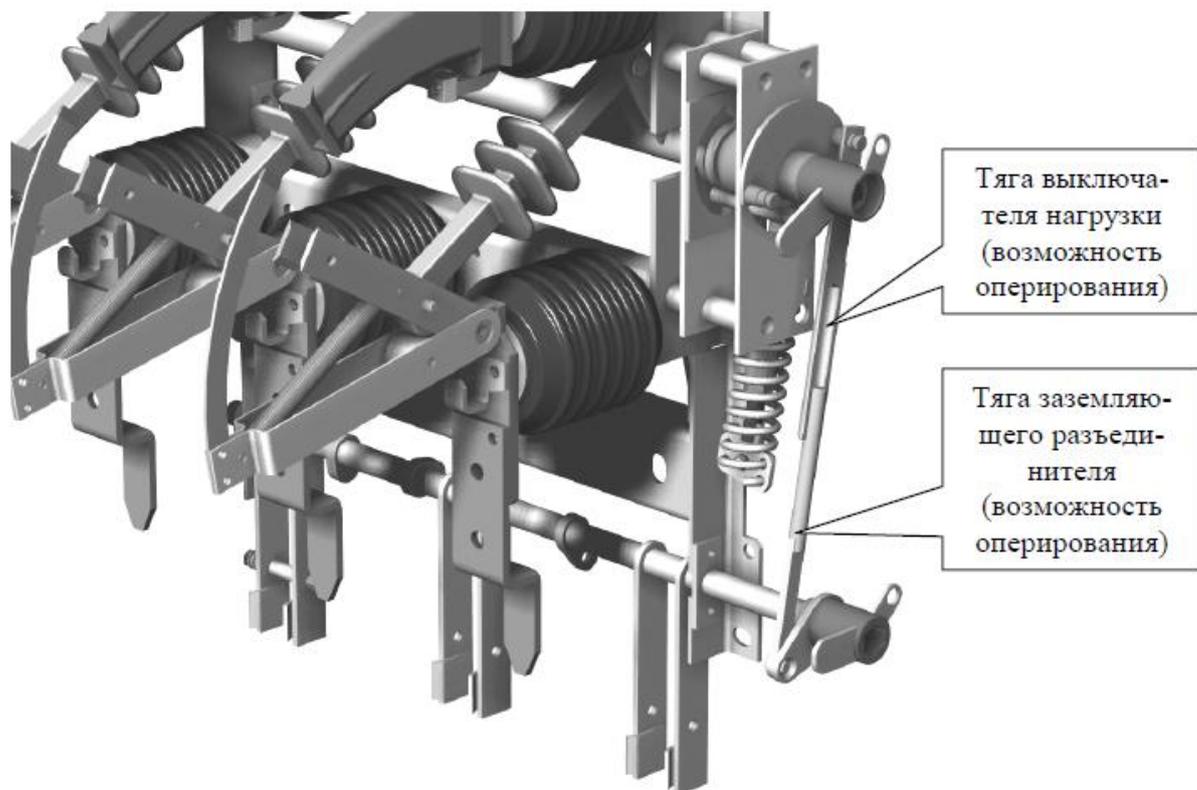


Рисунок 1.2 - Блокировка выключателя нагрузки и заземляющего разъединителя (выключатель нагрузки отключен, заземляющий разъединитель отключен).

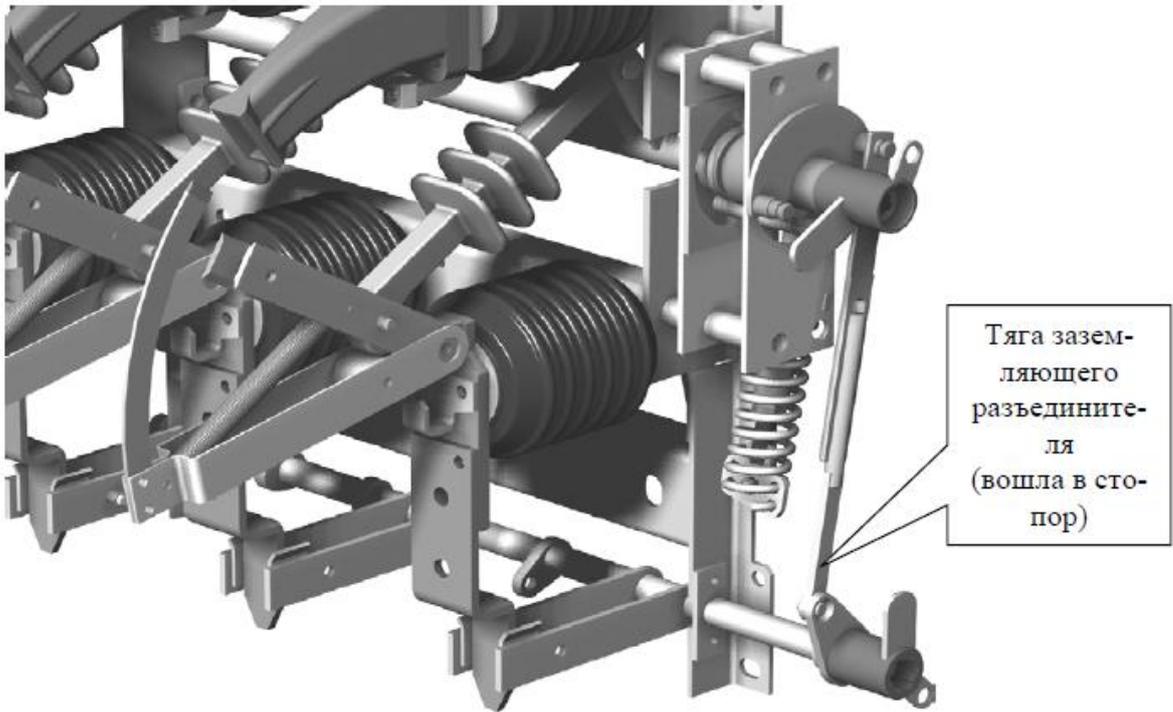


Рисунок 1.3 - Блокировка выключателя нагрузки и заземляющего разъединителя (выключатель нагрузки отключен, заземляющий разъединитель включен).

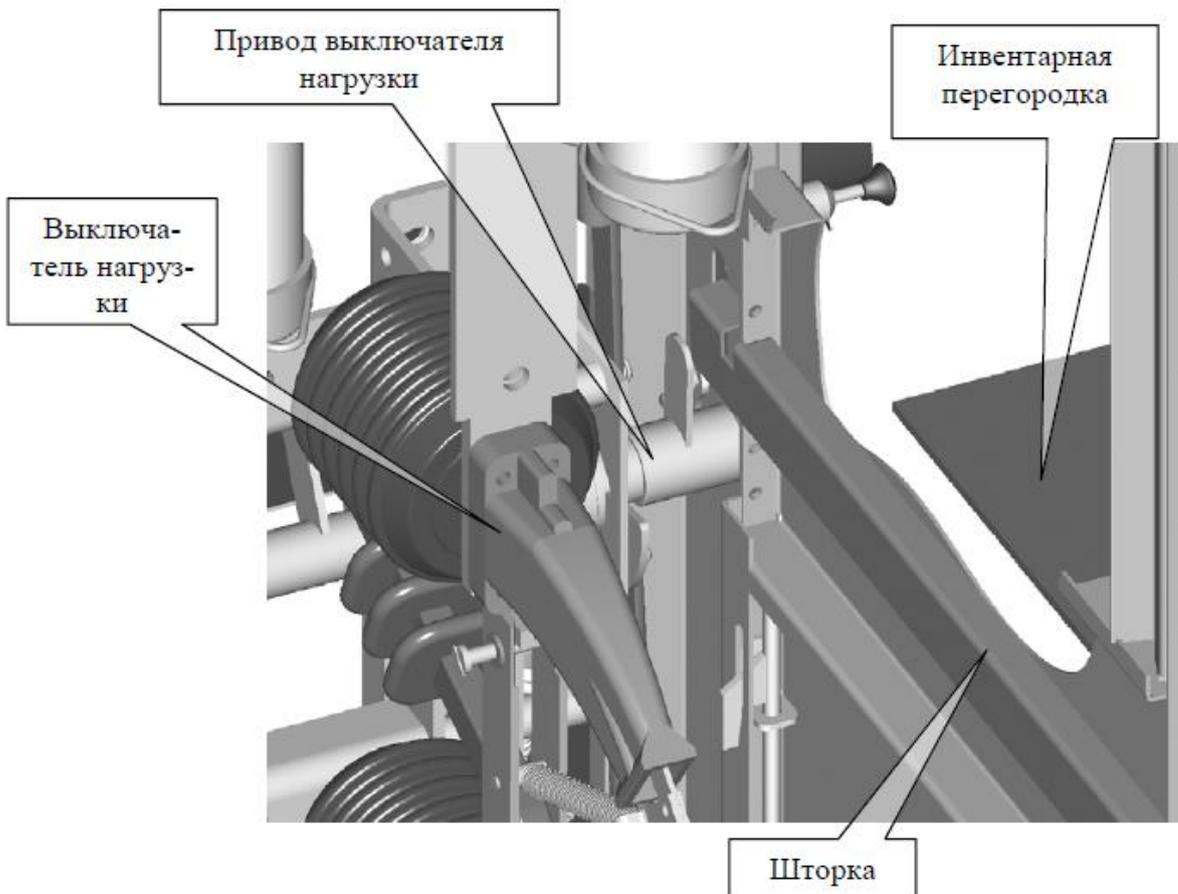


Рисунок 1.4 - Блокировка выключателя нагрузки и инвентарной перегородки (выключатель нагрузки включен, перегородка заблокирована).

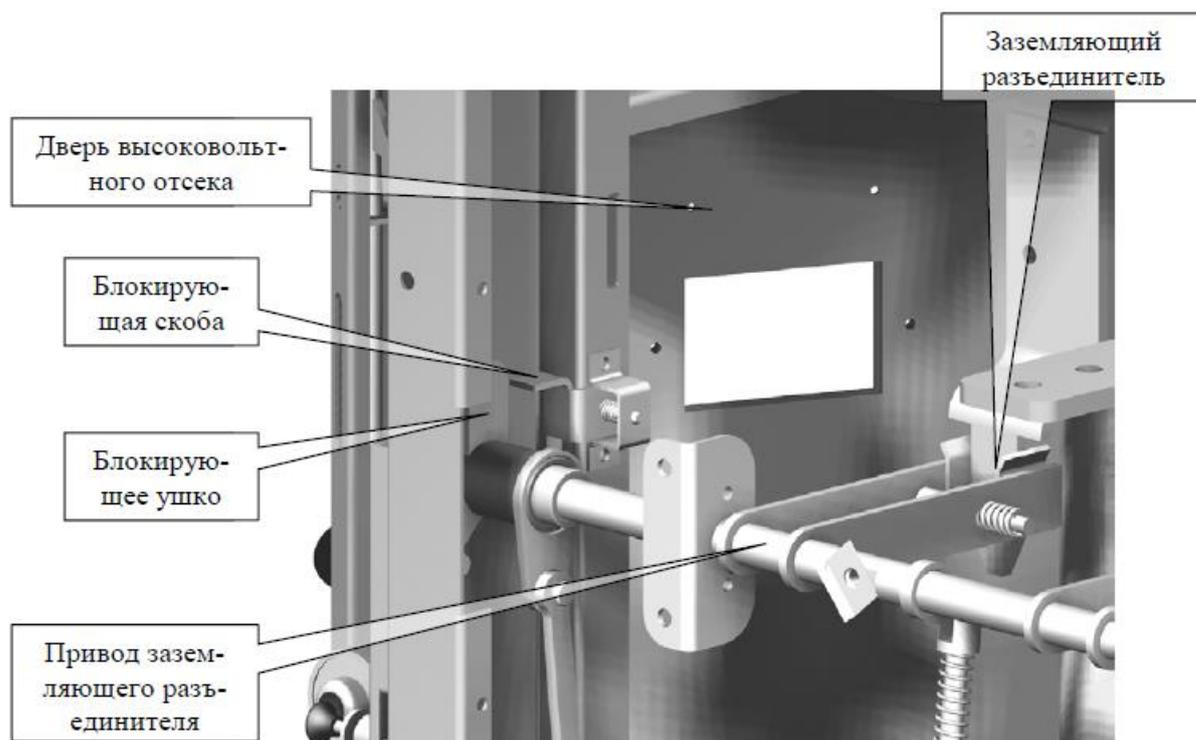


Рисунок 1.5 - Блокировка двери высоковольтного отсека и заземляющего разъединителя (дверь открыта, заземляющий разъединитель включен).

Выключатель нагрузки имеет пружинный привод со съемной рукояткой. Для управления приводом на панели управления привода имеется гнездо для установки съемной рукоятки. Операция включения или отключения ВН производится поворотом съемной рукоятки по часовой стрелке или против часовой стрелки в соответствии с указателем направления движения привода. На приводе предусмотрена возможность установки электромагнитного блок-замка и механического блок-замка. Кроме того, конечные положения выключателя нагрузки, заземляющих разъединителей контролируются конечными выключателями, блок-контакты которых используются в цепях оперативной блокировки.

Сетка схем главных цепей

Приняты следующие обозначения:

Q – высоковольтный выключатель; QS – выключатель нагрузки;
 QS1 – разъединитель РВФЗ; QSG1 заземляющие ножи разъединителя РВФЗ;
 QS2 – разъединитель РВЗ; QSG2 заземляющие ножи разъединителя РВЗ или заземляющий разъединитель ЗР10

TA1- TA3 – трансформаторы тока; TV – трансформатор напряжения;
 TV1 – трансформатор собственных нужд; FU – предохранитель;
 FV – ограничитель перенапряжения;

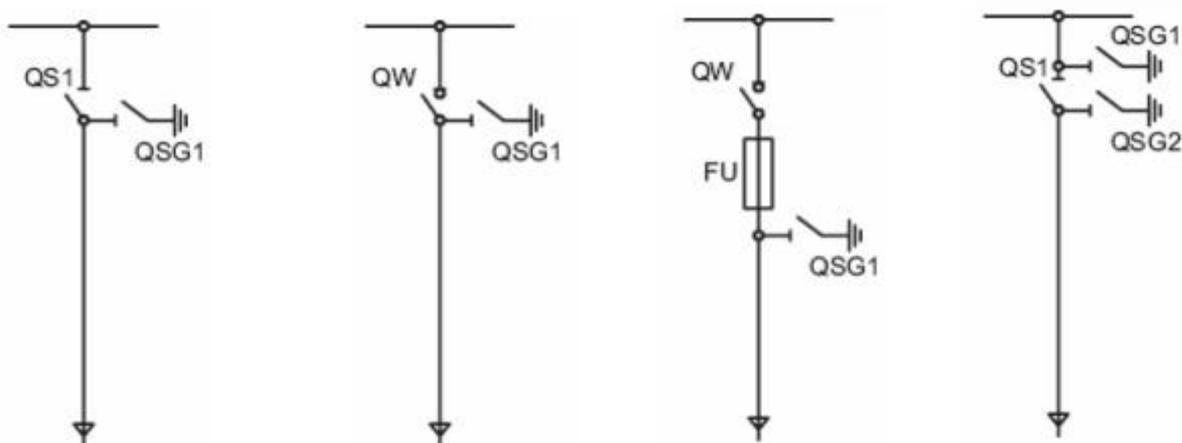


Рисунок 1.6 –Основные схемы подключения ввода и отходящей линии.

Блокировка между выключателем нагрузки и заземляющими разъединителями осуществляется за счет конструктивных особенностей приводов выключателя нагрузки и заземляющих разъединителей, между приводами имеется взаимная механическая блокировка, исключающая включение ВН при включенном положении заземляющего разъединителя и наоборот. Тяга привода заземляющего разъединителя перемещается вдоль канавки тяги привода выключателя нагрузки. Дно канавки тяги, в которой перемещается тяга, является упором, не позволяющим перемещаться тяге для включения ЗР при нахождении ВН в положении «включено». При нахождении какого-либо привода в положении «включено», тяга упирается в дно канавки тяги, и тем самым не позволяет производить операцию включения привода ВН при включенном положении ЗР и наоборот (при включенном положении ВН включить ЗР). Кроме того, при проведении ремонтных или других работ приводы могут запираются во включенном или отключенном положении с помощью навесного замка.

Лабораторно-практическая работа № 2

Техническое обслуживание элементов установок

с напряжением более 1000 В.

Цель работы: отработать навыки технического обслуживания элементов электроустановок с напряжением более 1000 В.

Задание: Выполнить на выключателе нагрузки и сборных камерах одностороннего обслуживания серии КСО-386 периодический осмотр и внеочередной осмотр после отключения коротких замыканий.

По заданию преподавателя определить вероятную причину неисправности и предложить оптимальный способ ее устранения. Результаты отразить в отчете.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Основные теоретические сведения

Техническое обслуживание камер КСО заключается в периодических и внеочередных осмотрах и ремонтах в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических сетей и подстанций». Перечень основных проверок технического состояния и ремонтов КСО с их краткой характеристикой:

| | |
|--|---|
| 1 Периодические осмотры согласно ПТЭ | Оборудование из работы не выводится. Объем осмотра - см. п 3.2 |
| 2 Внеочередные осмотры после отключения коротких замыканий | Оборудование из работы не выводится. Осматривается оборудование, через которое протекал ток короткого замыкания, и другое оборудование этих же камер (трансформаторы тока, кабельные разделки, шины и др.) |
| 3 Текущие ремонты для устранения дефектов, выявленных при работе устройства или при его осмотрах | Сроки проведения устанавливаются лицом, ответственным за электрохозяйство. Оборудование, подлежащее ремонту, выводится из работы. Объем ремонта обуславливается причинами его проведения, но не должен включать трудоемкие работы с разборкой оборудования. |
| 4 Очередные капитальные ремонты | Производятся в соответствии с ПТЭ, местными инструкциями и нижеприведенными указаниями. |

Проведение всех ремонтов и осмотров оформляйте записями в эксплуатационной документации или актами, где должны быть приведены перечни выявленных и устраненных дефектов.

Кроме перечисленных, возможно проведение послеаварийных ремонтов, содержание и объемы которых определяются повреждениями, полученными оборудованием.

Характерные неисправности и методы их устранения

| Наименование, внешние проявления и признаки неисправности | Вероятная причина | Способ устранения |
|--|---|---|
| Разъединяющие контакты | | |
| 1 Перегрев контактов | Ослабли пружины ножей выключателя, разъединителя, заземляющих разъединителей | Заменить неисправные пружины |
| Выключатель нагрузки | | |
| 2 Подвижные ножи выключателя не входят в дугогасительную камеру | Перекося ножа | Расслабить болтовые соединения и зафиксировать нож |
| 3 Не происходит включение (отключение) привода ВНА при повороте рычага перемещения привода | Разрегулировка пружины или поломка пальца рычага | Пружину отрегулировать или заменить. При поломке пальца заменить рычаг привода. |
| 4 При включенных главных ножах включаются ножи заземления | При включенных ножах заземления включаются главные ножи Неисправность блокировки | Посмотреть блокировочные тяги: отрегулировать, при поломке заменить. |

Проведение всех ремонтов и осмотров оформляйте записями в эксплуатационной документации или актами, где должны быть приведены перечни выявленных и устраненных дефектов, и отражены результаты испытаний. При проведении планового осмотра камер КСО проверьте состояние распредустройства, в том числе:

- исправность освещения и присоединений КСО к контуру заземления подстанций;
- внешним осмотром состояние высоковольтной изоляции, убедитесь в отсутствии видимых дефектов, короны и разрядов;
- убедитесь в отсутствии признаков перегрева аппаратов и токоведущих частей;
- обратите внимание на показания измерительных приборов, характеризующих нагрузку, напряжение, состояние электрооборудования КСО;
- проверьте сохранность пломб на крышке цепей учета электроэнергии;
- проверьте состояние лакокрасочных и других защитных покрытий металлоконструкции КСО;

Осмотр встроенного оборудования производите в соответствии с руководствами по эксплуатации на это оборудование.

ВНИМАНИЕ: ПРИ ОСМОТРЕ ВСТРОЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЕЗ СНЯТИЯ С НЕГО НАПРЯЖЕНИЯ КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ОТКРЫВАТЬ ДВЕРИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ОТСЕКОВ.

Лабораторно-практическая работа № 3

Подготовка к работе и ввод в действие элементов установок с напряжением более 1000 В.

Цель работы: отработать навыки оперативного управления при эксплуатации элементов электроустановок с напряжением более 1000 В.

Задание: Подготовить выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к работе. По заданию преподавателя перевести изделие в заданный режим работы.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Основные теоретические сведения

Эксплуатационные ограничения:

1. КСО является устройством одностороннего обслуживания, со стороны задних стенок камер доступ к оборудованию под напряжением не ограничен. Нахождение с задней стороны работающего распределительного устройства опасно для жизни. Если проход сзади необходим, следует закрывать доступ к нему ограждением по торцам распределительного устройства.

2. В распределительном устройстве из камер КСО с выключателями нагрузки нет коммутационного аппарата, способного отключить ток короткого замыкания. Для обеспечения локализационной способности и безопасности обслуживающего персонала при возникновении дугового короткого замыкания внутри камер необходимо, чтобы высоковольтный выключатель, который подает напряжение на распределительное устройство, отключался релейной или дуговой защитой не более чем через 0,2 с после возникновения короткого замыкания.

Подготовка КСО к работе.

1. Проверку, настройку и испытания КСО следует выполнять в объеме и в соответствии с проектом, требованиями СНиП 3.05.06-85, СНиП 3.05.05-84, действующими ПУЭ и руководства на встроенное оборудование.

2. Осмотрите камеры, встроенное оборудование. Очистите от загрязнения элементы конструкций, оборудование, изоляторы, изолирующие и контактные детали. Убедитесь в отсутствии трещин на изоляторах и изолирующих деталях.

3. Удалите консервационную смазку с эпоксидных поверхностей литых трансформаторов тока и напряжения, с контактных поверхностей предохранителей и наружных выводов проходных изоляторов ветошью, смоченной уайт-спиритом, затем протрите их чистым обтирочным материалом. Наличие смазки на дугогасительных контактах выключателя нагрузки не допускается. Протрите сухим обтирочным материалом стекла смотровых окон камер. Восстановите смазку на трущихся поверхностях.

4. Проверьте работу приводов выключателей, выключателей нагрузки, разъединителей и заземляющих разъединителей путем пятикратного их включения и отключения.

5. Проверьте правильность сочленения подвижного и неподвижного контактов разъединителей и заземляющих разъединителей, обратив внимание на соосность и величину захода подвижных контактов на неподвижные. Произведите при необходимости регулировку сочленения путем смещения неподвижного контакта заземляющего разъединителя.

6. Проверьте правильность сочленения подвижных и неподвижных контактов выключателя нагрузки. В процессе движения подвижных дугогасительных контактов убедитесь в попадании их в дугогасительные камеры. При выявлении непопаданий произвести необходимую регулировку и подтянуть крепеж.

7. Проверьте исправность механической блокировки, предотвращающей включение разъединителей или выключателей нагрузки при включенном заземляющем разъединителе и включение заземляющего разъединителя при включенных разъединителях или выключателях нагрузки.

8. Проверьте функционирование блокировок, выполненных с помощью механических блок-замков, в соответствии со схемой блокировки выполненного заказа.

Использование изделия:

1. Проверьте правильность присоединения шинных вводов и концов силовых кабелей к камерам КСО в соответствии со схемой опробования распредустройства. Концы не присоединенных кабелей должны быть отведены на безопасное расстояние от токоведущих частей и на них должно быть наложено переносное заземление.

2. При монтаже, наладке, эксплуатации и техническом обслуживании КСО необходимо руководствоваться указаниями и требованиями техники безопасности настоящего руководства, действующих «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», СНиП 3.05.06-85 «Электрические устройства».

3. В конструкции КСО предусмотрены следующие меры, обеспечивающие возможность безопасного обслуживания:

- все находящееся под высоким напряжением оборудование размещено внутри камеры со сплошной металлической оболочкой и при нормальной эксплуатации недоступно для прикосновения;

- камеры с выключателем нагрузки имеют возможность установки инвентарной перегородки, предотвращающей доступ к верхнему контакту выключателя и сборным шинам, находящимся под напряжением, при отключенном положении выключателя нагрузки отходящей линии;

- приводы разъединителей и заземляющих разъединителей имеют указатели положения;

- для наблюдения за состоянием встроенного в камеры оборудования без снятия напряжения с главных цепей, двери камер КСО имеют смотровые окна;

- камеры КСО оборудованы стационарными заземляющими разъединителями, что позволяет отказаться от установки переносных заземлений.

Не допускайте при обслуживании находящегося под напряжением устройства:

- демонтажа ограждений, блокировочных устройств, а также производства каких-либо ремонтных работ на них;

- попыток открытия разгрузочных клапанов;

Соблюдайте правила пользования блокировочными замками: Ключи из замков вынимайте только при полностью запертом замке. При этом положение блокируемого элемента фиксируется, а вынутый ключ свидетельствует о выполнении данной операции и переносится оператором для отпирания следующего замка в соответствии со схемой блокировки.

Лабораторно-практическая работа № 4

Выбор изолятора для крепления и изоляции токоведущих частей электроустановки

Цель работы: Подобрать изоляторы для крепления и изоляции токоведущих частей электроустановки, номинальное напряжение которой указано в таблице № 1, тип – в таблице № 2.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Задание: Произвести расчет и выбор изолятора для крепления и изоляции токоведущих частей электроустановки по заданному варианту согласно таблицы 1 и таблицы 2.

Таблица 1

| | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|----|----|-----|----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Номинальное напряжение электроустановки, кВ | 0,825 | 150 | 6 | 10 | 20 | 220 | 35 | 110 | 220 | 330 |

Таблица 2

| Номер варианта по последней цифре шифра | Вид токоведущих частей электроустановки |
|---|--|
| 0 | Провода линий электропередачи |
| 1 | Сборные шины жесткие |
| 2 | Сборные шины гибкие |
| 3 | Ввод в силовой трансформатор |
| 4 | Ввод в здание |
| 5 | Ввод в выключатель |
| 6 | Токоведущие части камеры распределительного устройства |
| 7 | Ножи разъединителя |
| 8 | Провода линий электропередачи |
| 9 | Ввод в подстанцию |

Для выбранных изоляторов необходимо:

- Дать обоснование правильности их выбора.
- Начертить эскиз конструкции изолятора.
- Дать определение и привести числовые значения основных электрических и механических характеристик изоляторов.
- Указать диэлектрические материалы, из которых изготавливаются изоляторы.
- Описать назначение арматуры и указать материалы, из которых она изготавливается.

Методические указания к решению задачи

Используемые в устройствах и промышленных электроустановках изоляторы обеспечивают механическое крепление токоведущих частей, изоляцию их друг от друга и относительно земли.

Материал по данному разделу изложен в [1, с. 73–93, 139–165; 2, с. 90–183, 198–219; 3, с. 46–66].

Лабораторно-практическая работа № 5

Исследование параметров изоляции высоковольтного кабеля

Цель работы: установить зависимость между напряженностью электрического поля у поверхности токоведущей жилы кабеля и конструктивными параметрами изоляции кабеля.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Задание: Одножильный кабель напряжением U_k , имеющий радиус заземленной герметизированной оболочки $R_{см}$, радиус токоведущей жилы $r_{см}$. Определить в соответствии с вариантом задания согласно таблиц 3, 4, 5:

- Характер изменения напряженности электрического поля у поверхности токоведущей жилы при постепенном увеличении ее радиуса от r до R , R не изменяется и равен заданной величине.
- Распределение потенциала в толщине изоляции при неизменных значениях r и R .
- Определить максимальную и минимальную напряженность электрического поля для заданной конструкции изоляции кабеля на поверхности токоведущей жилы и герметизированной оболочки.
- Определить напряженность электрического поля в слоях градирированной изоляции кабеля.

Таблица 3

| Номинальное напряжение кабельной жилы | Номер варианта по предпоследней цифре | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 35 | 330 | 110 | 220 | 150 | 35 | 220 | 110 | 500 | 35 |

Таблица 4

| | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Радиус токоведущей жилы кабеля, $r_{см}$ | 0,9 | 1,4 | 0,8 | 1,5 | 1,4 | 0,8 | 1,6 | 0,9 | 1,8 | 0,7 |
| Радиус герметизированной оболочки, R см | 3,6 | 5,5 | 4,2 | 4,4 | 3,8 | 3,2 | 4,8 | 3,9 | 6,8 | 3,7 |

Таблица 5

| | Номер варианта по предпоследней цифре шифра | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Значение ε_1 | 4 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 3,6 | 4,3 | 4,2 | 4,1 |
| Значение ε_2 | 3 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 3,2 | 3,3 |

Методические указания к решению задачи

Изоляция состоит из двух слоев одинаковой толщины с относительной диэлектрической проницаемостью ε_1 и ε_2

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2}$$

Числовые значения заданных величин указаны в таблицах №3, №4 и №5.

В соответствии с теоремой Гаусса напряженность электрического поля (градиент) по поверхности жилы кабеля определяется из выражения

$$E = \frac{U}{r_x e n R / r}$$

где, r – радиус токоведущей жилы кабеля;

R – радиус герметизированной оболочки кабеля.

Меняя значение r_x от величины r до величины R (примерно $n=5 \div 6$ точек) определить напряженность электрического поля и построить зависимость $E = f(r_x)$ – среди принятых значений r_x обязательно взять значение

$$\frac{R}{r_x} = e.$$

Для расчета характеристики изменения потенциала в слое изоляции воспользуемся выражением

$$U_x = \frac{U}{\lg \frac{R}{r}} \lg \frac{R}{r_x}$$

принимая значение r_x от оси радиуса жилы до радиуса оболочки найти значения и построить зависимость $U_x = f(r_x)$ – значения r_x принять те же, что при определении E_x .

Принимая значение r и R неизменными определить E_{\max} и E_{\min} в изоляции кабеля.

Для увеличения допустимых рабочих напряжений в силовых кабелях применяют ряд методов. Один из них – градирование изоляции, которое выполняется с помощью бумаги различной плотности и толщины. Более тонкая и плотная бумага имеет большую диэлектрическую проницаемость s , и навивается слоем ближе к токоведущей жиле. Слои более удаленные от жилы выполняются из бумаги, имеющей меньшую диэлектрическую проницаемость s_2 .

Напряженность электрического поля в пределах слоя изменяется по гиперболической кривой.

$$E_x = \frac{U}{r_x \lg \frac{r_{x+1}}{r_x} \left(\frac{c_x}{c_1} + \frac{c_x}{c_2} + \dots + \frac{c_x}{c_n} \right)}$$

где, c_x – емкость слоя в котором определяется напряженность электрического поля; r_{x+1} – внешний радиус исследуемого поля; r_x – внутренний радиус исследуемого слоя.

Емкость, приходящаяся на единицу длины любого слоя, определяется по формуле

$$c_x = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_x}{\lg \frac{r_{x+1}}{r_x}}$$

где, ϵ_0 – электрическая постоянная, установленная опытным путем и равная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/М;

ϵ_x – относительная диэлектрическая проницаемость среды.

На основании полученных данных построить зависимость $E=f(r_x)$, $U_x = f(r_x)$ $E = f(R)$ для неградированной и градированной изоляции в одних координатных осях.

Более подробно материалы по данному вопросу изложены в [1, с. 26–30, с. 120–122, с. 139–143, с. 147–156; 3, с. 138–145; 4, с. 87–93].

Лабораторно-практическая работа № 6

Разработка конструкции молниеотвода по заданным параметрам

Цель работы: сформировать навыки расчета и проектирования элементов электроустановок напряжением более 1000 В.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Задание: Для защиты здания шириной a , длиной b и высотой h от прямых ударов молнии установлен одиночный стержневой молниеотвод. Удельное сопротивление грунта ρ_3 , Ом/м; ток молнии I , кА. Требуется:

– Начертить эскиз контура заземления молниеотвода, состоящий (в общем случае) из нескольких вертикальных и горизонтальных электродов.

– Рассчитать:

а) импульсное сопротивление контура молниеотвода R_M ;

б) минимальное допустимое расстояние от молниеотвода до защищаемого объекта L_{Bmin} (по воздуху), L_{3min} (в земле);

в) радиус зоны защиты r_h на высоте h ;

г) высоту молниеотвода H .

Числовые значения заданных величин приведены в таблицах № 6 и № 7.

Таблица 6

| Величина и единица измерения | Номер варианта по предпоследней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| a , м | 3 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 |
| b , м | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 |
| h , м | 12,0 | 11,5 | 11,0 | 10,5 | 10,0 | 9,5 | 9,0 | 8,5 | 8,0 | 7,5 |

Таблица 7

| Величина и единица измерения | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I , кА | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| ρ_3 , Ом/м | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |

Методические указания к решению задачи

Защитное действие молниеотводов основано на том, что молния избирательно поражает возвышающиеся и хорошо заземленные объекты.

Поэтому при расчете зон защиты молниеотводов необходимо определить его высоту H и сопротивление контура заземления R . Заземление молниеотвода предназначено для безопасного отвода в землю токов молний.

Для обеспечения грозоупорности линий электропередачи и подстанций необходимо учитывать то, что при прохождении импульсных токов молнии через заземляющие электроды плотность токов велика, поэтому сопротивление заземлителя, так называемое импульсное сопротивление R_M отличается от стационарного заземления. Отношение импульсного и стационарных сопротивлений заземления называется импульсным коэффициентом.

$$\alpha_u = R_u/R$$

Значение импульсных коэффициентов α_u приведены в таблице № 8.

Если заземлитель выполнен в виде контура, состоящего из нескольких вертикальных заземлителей, то необходимо учитывать экранирующее действие электродов друг на друга путем введения коэффициентов использования. При этом импульсное сопротивление определяется

$$R_u = \alpha_u R / \eta_u \cdot n$$

где, n – число вертикальных заземлителей;

η_u – импульсный коэффициент использования, значение которого приведено в таблице № 8.

Формулы для вычисления сопротивления растекания приведены в рекомендуемой литературе.

При прохождении токов молнии по молниеотводу создается падение напряжения на сопротивление заземлителя и индуктивности токовода, что может привести к обратному перекрытию от отдельно стоящего молниеотвода на какую-либо часть распределительного устройства. Поэтому при установке на подстанции отдельно стоящих молниеотводов должны соблюдаться

безопасные расстояния по воздуху и в земле от молниеотводов и их заземлителей до элементов распределительного устройства.

Таблица 8

Значения импульсных коэффициентов $a_{и}$ и $\eta_{и}$

| № п/п | Заземлитель | а _и при удельном сопротивлении грунта ρ ом×м | | | | η _и |
|-------|--|--|------|------|------|----------------|
| | | 100 | 200 | 500 | 1000 | |
| 1. | Вертикальные стержни, соединенные по косо́й (расстояние между стержнями вдвое больше их длины) в количестве: | | | | | |
| 1.1 | 2-4 | 0,5 | 0,45 | 0,3 | — | 0,75 |
| 1.2 | 8 | 0,7 | 0,55 | 0,4 | 0,3 | 0,75 |
| 1.3 | 15 | 0,8 | 0,7 | 0,55 | 0,4 | 0,75 |
| 2. | Две горизонтальные полосы длиной 5 м, расходящиеся в противоположные стороны от точки присоединения токоотвода | 0,65 | 0,55 | 0,45 | 0,4 | 1 |
| 3. | Три полосы длиной по 5 м, симметрично расходящиеся от точки присоединения токоотвода | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,45 | 0,75 |

Расстояние по воздуху L_B при расчетных параметрах тока молнии и допустимой напряженности электрического тока в воздухе $E_B = 500 \text{ кВ/м}$ определяется по формуле

$$L_B = \frac{U_h}{E_B}$$

Расстояние в земле L_3 между заземлителем отдельно стоящего молниеотвода и ближайшей к нему точкой заземляющего устройства подстанции при допустимой напряженности поля в земле $E_3 = 300 \text{ кВ/м}$ рассчитывается как

$$L_3 = \frac{U_h}{E_3}$$

При этом L_B должно быть не менее 5м, AL_3 – не менее 3м. Напряжение U_h на высоте объекта h определяется по формуле

$$U_h = I_M \cdot R_u + a \cdot L_0 \cdot h$$

где, I_M – амплитуда тока молнии; a – расчетная крутизна тока молнии
 $a=30$ кА/мкс;

L_0 – индуктивность единицы длины токовода,

$$L_0=1,7\text{МКгН/М.}$$

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представляет собой пространство вблизи молниеотвода, ограниченное конусообразной поверхностью.

Радиус зоны защиты на высоте h может быть вычислен по формуле

$$R_h = \sqrt{(L_{Bmin} + a)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

Зона защиты одиночного молниеотвода при вероятности прорыва зоны защиты 0,05 определится из выражения

$$R_h = 1,5 \left(H - \frac{h}{0,92} \right)$$

где, H – высота молниеотвода в м.

$$H = \frac{\sqrt{(L_{Bmin} + a)^2 + \frac{1,5h}{0,92}}}{1,5}$$

Подробно с защитой от прямых ударов молнии можно познакомиться по рекомендуемой литературе [1, с.254–269, 297–300; 3, с. 220–229; 4, с. 126–134].

Лабораторно-практическая работа № 7

Исследование эффективности применения разрядника с заданной вольт-амперной характеристикой

Цель работы: сформировать навыки эксплуатации и оценки эффективности функционирования элементов электроустановок напряжением более 1000 В.

Оборудование: Выключатель нагрузки и сборные камеры одностороннего обслуживания серии КСО-386 и шинные мосты к ним.

Задание: Волна перенапряжения u_0 приходит с линии с волновым сопротивлением Z_1 на высоковольтное оборудование с волновым сопротивлением Z_2 и минимальным разрядным напряжением U_M . Форма проходящей волны определяется уравнением

$$u_0 = U \left(e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}} \right)$$

Для защиты оборудования установлен ограничитель перенапряжения (ОПН). Вольт-амперная характеристика ограничителя определяется данными таблицы № 9. Импульсное пробивное напряжение ограничителя $u_{\text{имп}} = 100$ кВ.

- Постройте график волны

$$u_0 = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

– Постройте график изменения напряжения на разряднике и защищаемом им оборудовании и дайте заключение об эффективности применения разрядника с данной вольт-амперной характеристикой. Числовые значения заданных величин указаны в таблицах №9, № 10 и № 11.

Таблица 9

| | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| i_p , кА | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 10 |
| U_o , кВ | 44 | 50 | 54 | 60 | 72 | 86 | 88 | 94 | 98 |

Таблица 10

| Величина и единица измерения | Номер варианта по предпоследней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| u, кВ | 550 | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| u _м , кВ | 200 | 190 | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 190 | 110 | 100 |

Таблица 11

| Величина и единица измерения | Номер варианта по последней цифре шифра | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Z ₁ , Ом | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |
| Z ₂ , Ом | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 250 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| T ₁ , мкс | 53,0 | 51,7 | 50,3 | 48,8 | 54,5 | 24,4 | 38,7 | 67,4 | 70,8 | 68,1 |
| T ₂ , мкс | 0,528 | 0,728 | 0,944 | 1,17 | 0,333 | 0,586 | 0,546 | 0,515 | 0,16 | 0,333 |

Методические указания к решению задачи

Ограничители перенапряжений устанавливаются для защиты оборудования устройств электроснабжения от набегающих волн перенапряжения. При установке ограничителя необходимо осуществить координацию изоляции – согласовать защитные характеристики ограничителя с импульсными характеристиками защищаемого оборудования. Остающееся на ограничителе напряжение должно быть ниже импульсного разрядного напряжения изоляции.

Подробно способ решения подобной задачи изложен в [1, с. 300–304; 3, с. 272–278; 4, с. 152–162]. Построение выполняется до напряжения, равного половине максимального напряжения падающей волны с учетом коэффициента преломления

$$a = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

5. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕ- НИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям.

Лекции являются основным видом учебных занятий в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных взглядов и освещение основных проблем изучаемой области знаний.

Значительную часть теоретических знаний студент должен получать самостоятельно из рекомендованных основных и дополнительных информационных источников (учебников, Интернет-ресурсов, электронной образовательной среды университета). В тетради для конспектов лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

После окончания лекции рекомендуется перечитать записи, внести правки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям (лабораторным работам), экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

5.3 Рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям.

Целью лабораторного практикума является: ознакомление с устройством, принципом действия и характеристиками машин переменного тока;

закрепление теоретических знаний в области машин переменного тока, получение навыков их экспериментального исследования, а также обработки полученных результатов; приобретение навыков чтения и сборки электрических схем, включения и испытания машин переменного тока в различных режимах; приобретение навыков суммирования и обобщения полученных результатов экспериментальных исследований, умения формулировать правильные выводы о работе машины и физических процессах, протекающих в ней.

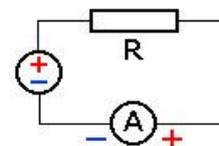
6. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Активная электрическая цепь – электрическая цепь, содержащая источник электроэнергии.

Ампер (обозначение: А) – единица измерения электрического тока, характеризующая поток электронов в проводнике. Ампер – единица силы тока, при которой через проводник проходит заряд 1 Кулон за 1 секунду. Наиболее распространенные дольные единицы – микроампер (мкА), миллиампер (мА), килоампер (кА).

Амперметр – прибор для измерения силы постоянного или переменного тока (А) в электрической цепи. Шкала прибора, в зависимости от пределов измерения градуируется в микроамперах (мкА), миллиамперах (мА), амперах (А) или килоамперах (кА). Для точности измерений собственное сопротивление амперметра должно быть как можно меньше сопротивления нагрузки.

По конструктивным особенностям, амперметры можно подразделить на электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические, термоэлектрические, ферродинамические, выпрямительные. В измеряемую электрическую цепь амперметр включается последовательно. В целях увеличения пределов измерения может включаться с шунтом или через трансформатор.



Амплитудно–частотная характеристика (АЧХ) – функция, показывающая зависимость амплитуды колебания на выходе какого-либо устройства от частоты входного гармонического сигнала, выраженная в комплексной форме.

Амплитуда импульса – максимальное мгновенное значение импульса напряжения.

Баланс электроэнергии энергосистемы – совокупность показателей, определяющая соответствие потребленной электроэнергии в энергоси-

стеме, ее расхода на собственные нужды, потерь в электросетях, а так же величину выработки электроэнергии в энергосистеме с учетом перетоков мощности с другими энергосистемами.

Ветвь электрической цепи – участок электрической цепи с одним и тем же протекающим вдоль него электрическим током.

Виток обмотки – проводник (обычно, обмоточный провод), охватывающий один раз часть магнитопровода системы электротехнического изделия – трансформатора, электродвигателя, генератора.

Электрический ток, проходящий в нем, совместно с токами других *витков обмотки* и другими частями данного электротехнического изделия создает магнитное поле, под действием которого наводится ЭДС.

Внутреннее сопротивление – электрическое сопротивление току через элемент, измеренное в Омах (Ом).

Воздушная линия электропередачи (ВЛ) – линия электропередачи, в которой распределение и передача электроэнергии осуществляется проводами, расположенными на открытом воздухе и закрепленными над землей с помощью опор и изоляторов.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) – зависимость напряжения на зажимах элемента электрической цепи от тока в нем (или наоборот). Обычно, бывает выражена в виде графика или таблицы.

Временное перенапряжение – превышение допустимого значения напряжения в электрической сети в течение ограниченного промежутка времени.

Емкостная связь – связь электрических цепей посредством электрического поля в диэлектрике.

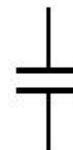
Емкостное сопротивление (единица измерения – Ом) – абсолютное значение реактивного сопротивления, обусловленного емкостью цепи, равное величине, обратной произведению этой емкости и угловой частоты. Исходя из данного определения видно, что емкостное сопротивление обратно пропорционально частоте тока и емкости конденсатора: чем больше их величины, тем меньше емкостное сопротивление.

Емкостный – термин, применяемый к устройству или электрической цепи, емкость которых в определенных условиях является преобладающей.

Емкостный трансформатор напряжения – трансформатор напряжения, содержащий емкостный делитель.

Напряжение во вторичной цепи в точности повторяет напряжение первичной цепи с коэффициентом деления (трансформации) и применяется для целей измерения и управления.

Емкость конденсатора – электрическая емкость между электродами (обкладками) конденсатора.



Емкость электрическая – величина, характеризующая способность проводящих тел накапливать и удерживать электрический заряд. Емкость можно выразить отношением величины электрического заряда к потенциалу проводника.

Зажим – часть какого-либо устройства, предназначенная для его соединения с внешними проводниками.

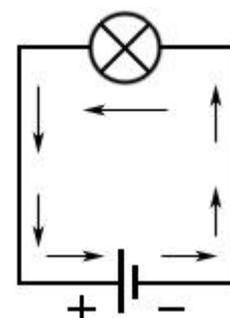
Заземлитель – проводящая часть (проводник или совокупность электрически соединенных между собой проводников), находящаяся в контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.



Заземляющий проводник – проводник, соединяющий заземляемую часть электроустановки с заземлителем.

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей корпусов электрооборудования, не находящихся при нормальной работе под напряжением, которые в аварийной ситуации могут оказаться под напряжением. Является защитной мерой от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и обесточивания электроустановки.

Замкнутая электрическая цепь – непрерывная цепь, имеющая источник электрического тока.



Замыкание контактов устройства – процесс перевода контактов контактного устройства из разомкнутого положения в замкнутое.

Замыкание на землю – непреднамеренное соединение с землей частей электроустановки, находящихся под напряжением.

Замыкающий контакт электрической цепи – разомкнутый в исходном положении контакт электрической цепи, замыкающийся при переходе устройства в конечное положение.

Земля – проводящая масса земли, потенциал которой принимается равным нулю (СТ МЭК 50 (151)-78).

Импульс напряжения или тока – резкое изменение напряжения или силы тока в какой-либо точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему значения за промежуток времени, длящийся до нескольких миллисекунд.

Импульсная лампа – разрядная лампа, работающая совместно с электронным устройством, предназначенная для получения импульсов света (световых вспышек высокой интенсивности) малой длительности (тысячных или миллионных долей секунды). Область применения – медицинская, измерительная техника, фотография, оптический телеграф и т. д.

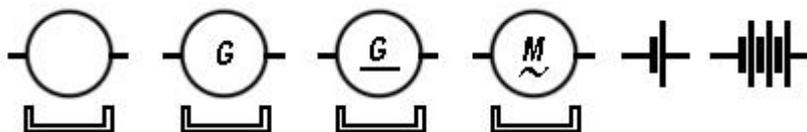
Индуктивная катушка (катушка индуктивности) – элемент электрической цепи, предназначенный для использования его индуктивности или потока его магнитного поля.



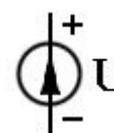
Индуктивная (трансформаторная) связь – связь электрических цепей или перенос энергии из одной электрической цепи в другую посредством магнитного поля.

Индуктивное сопротивление (*Единица измерения - Ом*) – реактивное сопротивление, обусловленное собственной индуктивностью элемента электрической цепи и равное произведению значений индуктивности и угловой частоты.

Источник тока (или генератор тока) – источник электромагнитной энергии, создающий электрический ток, не зависящий от сопротивления нагрузки, которая к нему присоединена.



Источник электрического напряжения – источник электрической энергии, который характеризуется электродвижущей силой (ЭДС) и внутренним электрическим сопротивлением.



Источник электрической энергии – электротехническое изделие или устройство, преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию. Источник электрической энергии является основным элементом электрической цепи.

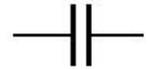


Источники электрической энергии можно разделить на идеальные и реальные. Идеальные источники электрической энергии

отличаются от реальных полным отсутствием внутреннего сопротивления или проводимости.

Конденсатор – элемент электрической цепи, основным используемым свойством которого является его *емкость* – способность накопления энергии электрического поля и длительное время хранить заряд.

Конструктивно, конденсатор представляет собой две обкладки – электроды в форме цилиндров или пластин, в которых, собственно и хранится заряд, разделенными друг от друга изолятором.



В зависимости от типов применяемых диэлектриков, определяющих основные технические характеристики конденсаторов, их можно разделить на следующие виды:

- *Вакуумные конденсаторы* – обкладки в таких конденсаторах находятся в вакууме, являющемся в них диэлектриком.
- *Конденсаторы с газообразным диэлектриком*. Диэлектрик – воздух, сжатый газ.
- *Конденсаторы с твердым диэлектриком*, в качестве него применяется слюда, стекло, керамика, бумага, и т.д.
- *Конденсаторы с жидким диэлектриком*.
- *Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы*. Диэлектриком в них является оксидный слой на одной из обкладок – аноде. Отличаются от других видов конденсаторов гораздо большей удельной емкостью.
- *Конденсаторы с твердым неорганическим диэлектриком*: слюда, стекло, керамика и т.д.
- *Конденсаторы с твердым органическим диэлектриком*: бумажные, металобумажные, пленочные, комбинированные — бумажно-пленочные, тонкослойные из органических синтетических пленок.

В зависимости от возможности изменения емкости конденсаторы бывают:

- *Постоянные* – не меняющие своей емкости.
- *Переменные* – конденсаторы, допускающие изменение своей емкости в процессе работы.
- *Подстроечные* — конденсаторы, допускающие возможность подстройки (регулировки) емкости и не меняющие ее в процессе работы.

Чаще всего конденсаторы применяют для: уменьшения или устранения реактивности нагрузки, для создания фазового сдвига между обмотками асинхронного двигателя (при включении трехфазного двигателя в однофазную сеть), в ПРА люминесцентных ламп – для компенсации индуктивности дросселей.

Короткое замыкание – любое, обычно, непреднамеренное электрическое соединение проводников электрической сети, имеющих разное напряжение. Сопровождается резким возрастанием силы тока (*возникновение сверхтока*) в электроустановке.

Основной причиной возникновения *короткого замыкания* является нарушение изоляции токопроводящих частей (чаще всего из-за воздействия влаги, теплового или механического воздействия на изоляцию). Возрастающие токи короткого замыкания вызывают нагревание проводника (это связано с тем, что количество выделяющейся теплоты, как известно, пропорционально квадрату тока). Так, увеличение тока при коротком замыкании в 10 раз вызовет возрастание количества тепла в 100 раз.

Пожарная опасность коротких замыканий проводов и кабелей может характеризоваться воспламенением их изоляции, а также способностью последней распространять горение при поджигании ее от посторонних источников огня, образованием расплавленных частиц металла, поджигающих окружающие горючие материалы (скорость разлета расплавленных частиц металла может достигать 11 м/с, а их температура 2050 – 2700 °С).

Коэффициент трансформации – отношение электродвижущих сил (ЭДС) в трансформаторе, наводимых основным магнитным потоком в первичной и вторичной его обмотках.

Для трансформаторов данный термин обозначает отношение первичного тока ко вторичному, для трансформаторов напряжения – отношение напряжения на зажимах двух обмоток в режиме холостого хода.

Коэффициент трансформации для трансформаторов с обмотками, расположенными на одном сердечнике определяется отношением количества витков его обмоток.

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{w_2}{w_1}$$
 где n – коэффициент трансформации, U_1 и w_1 – значение напряжения и количество витков первичной обмотки, U_2 и w_2 – значение напряжения и количество витков вторичной.

Конденсаторная батарея – группа, совокупность соединенных конденсаторов, используемых для компенсации реактивной мощности.

Линия электропередачи (ЛЭП) – электроустановка, совокупность электрических проводов, кабелей, элементов изоляции и несущих конструкций (опор ЛЭП), предназначенная для передачи электроэнергии на расстояние.

Линейная электрическая цепь – электрическая цепь, в которой электрические сопротивления, индуктивности и электрические емкости

участков не зависят от значений и направлений тока и напряжения в этой электрической цепи.

Магнитная восприимчивость – величина, характеризующая свойство какого-либо вещества намагничиваться в магнитном поле, скалярная для изотропного вещества и тензорная для анизотропного вещества. Магнитная восприимчивость выражается отношением модуля намагниченности к модулю напряженности магнитного поля.

Магнитная индукция – векторная величина, которая характеризует магнитное поле и определяет силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля.

Магнитная индукция выражается отношением силы, действующей на электрически заряженную частицу к произведению заряда и скорости частицы, в случае, когда направление скорости таково, что данная сила максимальна, имеющая направление, перпендикулярное к векторам силы и скорости, совпадающее с поступательным перемещением правого винта при вращении его от направления силы к направлению скорости частицы с положительным зарядом.

Магнитная проницаемость – величина, характеризующая магнитные свойства вещества, скалярная для изотропного вещества и тензорная для анизотропного вещества, произведение ее на напряженность магнитного поля определяет значение магнитной индукции.

Магнитная цепь – цепь, представляющая собой совокупность устройств, содержащих ферромагнитные тела, электромагнитные процессы, в которых определяются понятиями магнитного потока, магнитодвижущей силы и разности магнитных потенциалов.

Магнитное поле – сторона электромагнитного поля, определяемая воздействием на движущуюся электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной ее заряду и скорости.

Магнитные потери в трансформаторе – потери магнитной системы трансформатора в режиме его холостого хода при номинальном напряжении и частоте.

Многофазная электрическая цепь – совокупность, система электрических цепей, отдельные фазы в которой имеют электрическую связь между собой.

Многофазное устройство – многофазное электрическое устройство, получающее питание от многофазного источника тока.

Многофазный источник напряжения – источник питания, выдающий несколько переменных напряжений одной частоты, отличия которых друг от друга заключаются в постоянном сдвиге фаз.

Мощность электрическая – работа электрического тока за единицу времени. Выражается произведением напряжения и силы тока.

Нагрузка электрическая – в электротехнике этот термин означает электрическую мощность, потребляемую электротехническим устройством или несколькими устройствами (в этом случае, берется их суммарная мощность).

Нагрузка нелинейная – электрическая цепь, в составе которой имеются полупроводниковые элементы. Связь силы тока и напряжение в такой цепи определяется нелинейным законом. В качестве примера нелинейной нагрузки можно привести современное электронное оборудование, потребляющее ток несинусоидальной формы.

Намагниченность – векторная величина, определяющая магнитное состояние вещества. Намагниченность может быть выражена пределом отношения магнитного момента элемента объема вещества к объему этого элемента, когда объем и все размеры данного элемента стремятся к нулю.

Напряжение (*единица измерения Вольт, (В)*) – разность или падение потенциалов между двумя точками в электрической цепи, отношение работы электрического поля при переносе пробного заряда из одной точки в другую к его величине. Выражается произведением силы тока I на сопротивление участка R этой электрической цепи: $U = IR$.

Напряжение относительно земли – напряжение относительно какой-либо точки земли, находящейся за пределами зоны, участка растекания токов замыкания на землю.

Напряженность магнитного поля (*единица измерения Ампер на метр, (А·м)*) – векторная физическая величина, параметр, характеризующий магнитное поле. Математически выражается отношением геометрической разности магнитной индукции к магнитной постоянной и намагниченности.

Напряженность электрического поля – параметр, векторная величина, характеризующий электрическое поле, который определяет силу, действующую на заряженную частицу со стороны электрического поля. Напряженность электрического поля математически может быть выражена отношением силы, действующей на заряженную частицу, к ее заряду.

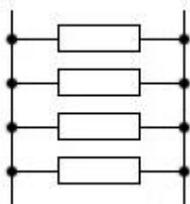
Ненормальный режим работы электрооборудования – такой режим работы электрического оборудования, значение любого из параметров режима при котором выходит за границы максимального или минимального допустимого рабочего значения.

Номинальный режим работы электрической цепи – режим работы, при котором цепь работает наиболее экономично и долговечно.

Нулевая жила – согласно, *ГОСТ 15845-80*, данный термин определяется, как основная жила кабеля, предназначенная для соединения с нейтралью источника тока.

Нулевой защитный проводник – проводник, электрически связывающий токопроводящие части электроустановки с глухозаземленной нейтралью – нейтральной точкой обмотки источника электропитания с целью повышения электробезопасности.

Параллельное соединение устройств или участков электрической цепи – соединение к одной паре узлов нескольких отдельных электротехнических устройств или участков электрической цепи, обеспечивающее одинаковое значение напряжения на этих устройствах или участках.



Последовательное соединение – электрическое соединение нескольких участков электрических цепей, устройств, через которые проходит один и тот же электрический ток.



Постоянный электрический ток – не изменяющийся во времени электрический ток. Аналогичные определения имеют такие величины, как ЭДС, электрическое напряжение, заряд, магнитодвижущая сила, магнитный поток и т. д.

Переменный электрический ток – изменяющийся с течением времени электрический ток. Аналогичным образом принято определять и переменное напряжение, электродвижущую силу, электрический заряд, магнитный поток.

Потребляемая мощность – (единица измерения – Ватт (Вт)) – суммарная мощность, получаемая электротехническим устройством или их совокупностью.

Предохранитель – электротехническое изделие, коммутационный аппарат, служащий для прерывания, отключения защищаемой электрической цепи путем разрушения специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока определенного значения в течении определенного промежутка времени.

Предохранитель-выключатель – коммутационный аппарат, выключатель, имеющий помимо функции прерывания электрической цепи и функцию ее защиты благодаря плавкой вставке, служащей в нем подвижной контакт-деталью.

Пробивное напряжение диэлектрика – минимальное значение напряжения, приложенного к диэлектрику, которое способно привести к его пробойю.

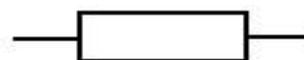
Пробой – процесс появления в диэлектрике проводящего канала под действием электрического поля, приводящий к потере диэлектрической прочности этого диэлектрика.

Проводник – вещество, имеющее способность проводить электрический ток.

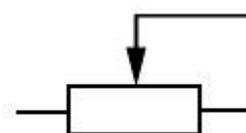
Режим короткого замыкания электрооборудования – режим работы электрооборудования, отличающийся практически нулевым значением сопротивления его нагрузки и сопровождающийся резко увеличивающимся током (возникновением сверхтоков) в электрической цепи этого электрооборудования, значительно превышающим максимальный допустимый ток.

Режим холостого хода – общее понятие, в электротехнике такой термин означает состояние любого устройства, при котором сопротивление нагрузки бесконечно, ввиду отсутствия ее подключения к данному устройству.

Резистор – электротехническое устройство, компонент электроцепи, главным используемым свойством которого служит его электрическое сопротивление.



Реостат (переменный резистор) – устройство с переменным сопротивлением, предназначенное для регулирования напряжения или тока в электрической цепи, осуществляемое изменением величины сопротивления реостата, которое может быть плавным или ступенча-



ТЫМ.

Смешанное соединение участков электрической цепи – электрическая цепь, в которой присутствует и последовательное и параллельное соединение ее участков, элементов.

Соединение – общее понятие в электротехнике, которое может означать соединение проводников, электрическую цепь, предназначенную для присоединения зажимов или других проводников или тип включения устройств, элементов цепи. Например, последовательное, параллельное соединение или, если речь идет схеме соединения обмоток – соединение звездой или треугольником.

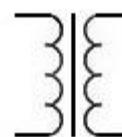
Сверхпроводимость – явление, состоящее в том, что электрическое сопротивление некоторых токопроводящих материалов исчезает при уменьшении его температуры ниже определенного критического значения, которое зависит от самого материала и от магнитной индукции.

Сверхпроводник – вещество, главным свойством которого является его способность при определенных условиях находиться в состоянии сверхпроводимости.

Ток замыкания на землю – электрически ток, проходящий в результате нарушения изоляции через место замыкания на землю.

Ток короткого замыкания – электрический ток, протекающий в режиме короткого замыкания (сверхток) в электроустановке по причине повреждения изоляции или ошибочных соединений в электрической цепи.

Трансформатор – статическое преобразующее электромагнитное устройство, состоящее из двух или более обмоток, индуктивно связанных между собой. Основная функция трансформатора – преобразование посредством электромагнитной индукции и передача электрической энергии.



Трехфазный трансформатор – трансформатор, в магнитопроводе которого создается трехфазное электромагнитное поле.

Удельная проводимость – величина, обратно пропорциональная удельному сопротивлению, определяющая способность какого-либо вещества проводить электрический ток. Единица измерения – Сименс на метр (См/м) или $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Например, удельная проводимость меди – 58100000 См/м, фарфора – $10 \div 14$ См/м. В линейном изотропном веществе плотность возникающего электрического тока будет прямо пропорциональна электрическому полю.

Удельное электрическое сопротивление – величина, характеризующая электропроводность вещества, точнее, способность этого вещества препятствовать прохождению через него электротока, одним словом, определяющая, насколько легко какой-либо материал пропускает электрический заряд. Единица измерения удельного сопротивления, принятого в СИ – Ом·м. Например, удельное электрическое сопротивление меди (очень хорошего проводника) составляет 0,017 Ом·м.

Участок электрической цепи – часть электроцепи, которая содержит выделенную совокупность ее элементов. Если в этой части протекает один и тот же ток, то этот участок принято называть *ветвью электрической цепи*.

Фаза – в электротехнике данный термин означает токоведущую часть электрической многофазной системы, с протекающим в ней одним из электрических токов этой системы. Это проводник или несколько проводников, подключенных к незаземленным контактам генератора.

Ферромагнитный материал (ферромагнетик) – материал, вещество, имеющее ферромагнитные свойства (обладающее ферромагнетизмом).

Частота электрического тока (f) – величина, обратнопропорциональная периоду электрического тока, выражающаяся отношением количества циклов изменения переменного тока к единице времени. Единица измерения частоты тока – Герц (Гц), 1 Гц составляет 1 период (одно полное колебание) в секунду. Номинальным стандартным значением частоты тока электросетей в нашей стране принято значение 50 Гц.

Четырехполюсник – электрическая цепь, разновидность многополюсника, имеющая четыре точки подключения. Как правило, две точки являются входом, две другие – выходом.

Электрический ток – процесс направленного движения носителей электрических зарядов или процесс изменения электрического поля в течение времени, сопровождающийся магнитным полем.

Электрический ток переноса, заряда (конвекционный ток) – процесс переноса электрических зарядов движущимися частицами или телами, имеющими определенный заряд.

Электрический ток проводимости (электрический ток) – процесс направленного движения свободных носителей электрического заряда в каком-либо веществе или в вакууме. Определяет количество электричества (электрического заряда), проводимого веществом в течение единицы времени. Единицей измерения в СИ принят 1 Ампер (1 Кулон в секунду).

Электрет – диэлектрик, который в результате поляризации или электризации способен в течение длительного времени находиться в наэлектризо-

ванном состоянии, создавать электростатическое поле в окружающем пространстве.

Электретный материал – материал, способный накапливать электромагнитный заряд и применяемый с целью использования его электретных свойств.

Электрическая емкость между 2-мя проводниками – скалярная величина, являющаяся абсолютным значением отношения электрического заряда одного из проводников к разности электрических потенциалов двух проводников с условием, что данные проводники, имея противоположные заряды по знаку, но равные по значению, а другие имеющиеся проводники удалены на бесконечное расстояние.

Электрическая емкость проводника – свойство проводника, скалярная величина, характеризующая его способность накопления электрического заряда, которая выражается отношением заряда этого проводника к его потенциалу в предположении условия, что все другие проводники удалены на бесконечное расстояние и потенциал бесконечно удаленной точки будет равным нулю.

Электромагнитная энергия – энергия, содержащаяся в электромагнитном поле. Согласно, ГОСТ 19880-74, данный термин определяется как энергия электромагнитного поля, слагающаяся из энергий электрического и магнитного полей.

Электромагнитное поле – вид материи, благодаря которой происходит взаимодействие между электрически заряженными частицами. ЭМП представляет собой область пространства, состоящую из совокупности электрических и магнитных полей, которые способны переходить друг в друга.

Электромагнитный экран – проводящий экран, осуществляющий защиту определенной области пространства от электромагнитного поля или снижающий воздействие последнего до допустимых значений.

Электромагнитный экран электротехнического изделия – элемент электротехнического изделия, изменяющий распределение напряженности магнитного поля в определенном месте пространства, принцип действия которого основан на использовании в нем вихревых токов.

Электропроводность – свойство вещества, количественно определяющая его способность под действием постоянного электрического поля проводить электрический ток. Единицей измерения данной величины в СИ является $(\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$.

7. ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Степанчук К.Ф., Тиняков Н.А. Техника высоких напряжений. Минск: Высшая школа, 1982.– 367 с.
2. Богородицкий Н.П. и др. Электротехнические материалы. Ленинград: Энергоатомиздат, 1985.
3. Базуткин В.В. и др. Техника высоких напряжений. М.: Энергоиздат, 1986.
4. Техника высоких напряжений // Под редакцией В.П. Ларионова. М.: Энергия, 1982.
5. Техника высоких напряжений. Под редакцией Кучинского Г. С. СПб.: Энергоатомиздат, 2003. – 608 с.

Дополнительная литература

1. Техника высоких напряжений / Под ред.М. В. Костенко. М.: Высш. школа, 1973. – 528 с.
2. Радченко В. Д. Техника высоких напряжений устройств электрической тяги. М.: Транспорт, 1975. – 360 с.
3. Серебряков А. С. Техника высоких напряжений. Перенапряжение в электрических системах и защита от них. – М. РГОТУПС. 2000. – 120 с.
4. Харченко А. Ф. Техника высоких напряжений. –М. МИИТ, 2010.
5. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2002.
6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 2003.
7. Кучинский Г. С., Кизеветтер В. Е., Пинталь Ю. С. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
8. Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов. Москва. Энергия. 1973. 328 с.