

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Управление проектами электроэнергетических комплексов

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.02.02 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 5; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 180 часов |
| Лекции | 5 семестр - 8 часов; |
| Практические занятия | 5 семестр - 8 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 5 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 160,2 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | 5 семестр - 1,5 часа; |
| включая: | |
| Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 5 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|---|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Жуликов С.С. |
| | Идентификатор | R80c76a64-Zhulikov55-42c2a72f |

(подпись)


С.С. Жуликов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|---|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Аграпонова Н.Л. |
| | Идентификатор | R5cb2904d-DemchenkoNL-737fe09 |

(подпись)


Н.Л.

Аграпонова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Темников А.Г. |
| | Идентификатор | Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00 |

(подпись)

А.Г. Темников

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: освоение знаний в области современной электроэнергетики, ее состояний и перспектив развития отрасли

Задачи дисциплины

- освоение учащимися методов оценки электрической прочности изоляции;
- определение надёжности и расчет зоны защиты молниезащиты;
- определения уровня перенапряжений в сетях высокого и сверхвысокого напряжения;
- умение выбора защитных устройств от внутренних и внешних перенапряжений.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|--|---|
| ПК-4 Способен планировать, организовывать и управлять проектами на объектах электроэнергетики | ИД-3 _{ПК-4} Проводить техническое перевооружение и обеспечивать надежность электрического оборудования | знать: - волновые процессы в трансформаторах. уметь: - использовать средства защиты от перенапряжений. |
| ПК-4 Способен планировать, организовывать и управлять проектами на объектах электроэнергетики | ИД-5 _{ПК-4} Организовывать формирование и корректировки производственной программы, планировать и контролировать технологические процессы в системе обеспечения электроэнергией | уметь: - определять электрические разряды в диэлектрических средах; - применять на практике правила изоляции высоковольтного оборудования; - измерять высокое напряжений и импульсный ток. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Управление проектами электроэнергетических комплексов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|-----|-----|------|----|-------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | Контактная работа | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Электрические разряды в диэлектрических средах | 28.70 | 5 | 2 | - | 2 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 24 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 15-22 [2], стр. 210-219 |
| 1.1 | Электрические разряды в газах | 14.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |
| 1.2 | Пробой конденсированных сред | 14.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |
| 2 | Высоковольтное оборудование | 28.70 | | 2 | - | 2 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 24 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу |
| 2.1 | Высоковольтное испытательное оборудование | 14.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |
| 2.2 | Методы и устройства получения высоковольтных импульсов напряжения | 14.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |
| 3 | Изоляция высоковольтного оборудования | 28.70 | | 2 | - | 2 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 24 | - | |
| 3.1 | Классификация электрической изоляции | 14.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 95-112 [4], стр. 15-19 |
| 3.2 | Изоляция силовых кабелей высокого напряжения | 14.35 | | 1 | - | 1 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|---------------|------------|----------|------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|---|
| 4 | Перенапряжения в электрических системах | 30.70 | 1.0 | - | 1.0 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 28 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 52-59 |
| 4.1 | Классификация видов перенапряжений | 13.35 | 0.5 | - | 0.5 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |
| 4.2 | Волновые процессы в трансформаторах | 17.35 | 0.5 | - | 0.5 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 16 | - | |
| 5 | Квазистационарные перенапряжения | 27.20 | 1.0 | - | 1.0 | - | 0.4 | - | 0.30 | - | 24.5 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа ориентирована на изучение литературных источников, конспектирование основных данных, прохождение пробных тестов по учебному материалу |
| 5.1 | Резонансные перенапряжения на основной частоте в установившемся режиме при холостом ходе односторонне питаемой линии | 13.35 | 0.5 | - | 0.5 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12 | - | |
| 5.2 | Коммутационные перенапряжения | 13.85 | 0.5 | - | 0.5 | - | 0.2 | - | 0.15 | - | 12.5 | - | |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 35.7 | |
| | Всего за семестр | 180.00 | 8.0 | - | 8.0 | - | 2.0 | - | 1.50 | 0.3 | 124.5 | 35.7 | |
| | Итого за семестр | 180.00 | 8.0 | - | 8.0 | 2.0 | 1.50 | 0.3 | 160.2 | | | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Электрические разряды в диэлектрических средах

1.1. Электрические разряды в газах

Виды электрических полей. Виды ионизации. Лавина электронов. Стримерная форма разряда. Искровой разряд. Закон Пашена. Разряд в неоднородных полях. Лидерный разряд в длинных промежутках. Молния. Дуговой разряд. Коронный разряд. Поверхностный разряд. Понятие электрического пробоя. Влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газовой изоляции. Эффект полярности. Барьерный эффект.

1.2. Пробой конденсированных сред

Пробой жидких диэлектриков. Влияние условий эксплуатации на электрическую прочность жидкостей. Механизм пробоя жидких диэлектриков. Пробой твердых диэлектриков. Влияние условий эксплуатации на электрическую прочность твердых диэлектриков. Механизм электрического пробоя твердых диэлектриков. Тепловой пробой твердых диэлектриков. Длительная электрическая прочность твердых диэлектриков.

2. Высоковольтное оборудование

2.1. Высоковольтное испытательное оборудование

Методы и устройства получения высокого переменного напряжения. Методы и устройства регулирования высокого переменного напряжения. Методы и устройства получения высокого напряжения постоянного тока. Схемы выпрямления тока высокого напряжения. Каскадный генератор постоянного тока высокого напряжения.

2.2. Методы и устройства получения высоковольтных импульсов напряжения

Методы получения импульсных токов. Измерение высоких напряжений и импульсных токов. Делители для измерения высоких напряжений. Измерение больших импульсных токов.

3. Изоляция высоковольтного оборудования

3.1. Классификация электрической изоляции

Условия работы и требования, предъявляемые к электрической изоляции высоковольтного оборудования. Наружная изоляция электроустановок. Изоляция воздушных линий электропередачи. Опорные изоляторы. Проходные изоляторы. Высоковольтные вводы. Изоляция силовых конденсаторов. Изоляция трансформаторов напряжения. Изоляция испытательных трансформаторов.

3.2. Изоляция силовых кабелей высокого напряжения

Кабели с вязкой пропиткой. Маслонаполненные кабели. Газонаполненные кабели. Кабели в стальных трубах под давлением масла или газа. Кабельные линии в трубах со сжатым газом. Кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Изоляция вращающихся машин высокого напряжения. Методы профилактических испытаний изоляции высоковольтного оборудования. Физические процессы в многослойном диэлектрике. Методы профилактических испытаний изоляции оборудования высокого напряжения.

4. Перенапряжения в электрических системах

4.1. Классификация видов перенапряжений

Уровни и координация изоляции. Волновые процессы в линиях. Волновые процессы в длинных линиях. Преломление и отражение волн в узловых точках. Определение напряжения на вентильном разряднике при воздействии волны грозового перенапряжения. Многократные отражения в линиях конечной длины. Искажение и затухание волн.

4.2. Волновые процессы в трансформаторах

Атмосферные перенапряжения. Параметры молнии. Молниеотводы. Зоны защиты молниеотводов. Грозозащита линий электропередачи. Индуцированные перенапряжения на ЛЭП. Перенапряжения от прямого удара молнии в линию без троса. Перенапряжения прямого удара молнии в линию с тросом.

5. Квазистационарные перенапряжения

5.1. Резонансные перенапряжения на основной частоте в установившемся режиме при холостом ходе односторонне питаемой линии

Влияние продольных и поперечных компенсирующих устройств на вынужденную составляющую напряжения. Феррорезонансные перенапряжения.

5.2. Коммутационные перенапряжения

Перенапряжения при отключении ненагруженных линий и батарей конденсаторов. Коммутационные перенапряжения, возникающие при отключениях малых индуктивных токов. Перенапряжения при однофазном замыкании на землю в системах с незаземленной нейтралью. Гашение емкостного тока замыкания на землю с помощью дугогасящих аппаратов. Смещение нейтрали в сетях с дугогасящими аппаратами. Средства защиты от перенапряжений.

3.3. Темы практических занятий

1. Эффект полярности;
2. Методы получения импульсных токов;
3. Проходные изоляторы;
4. Методы и устройства получения высокого переменного напряжения.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Рассмотрение особенностей электрических разрядов в диэлектрических средах
2. Рассмотрение особенностей высоковольтного оборудования
3. Рассмотрение особенностей изоляции высоковольтного оборудования
4. Рассмотрение особенностей перенапряжения в электрических системах
5. Рассмотрение особенностей квазистационарного перенапряжения

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Знать: | | | | | | | |
| волновые процессы в трансформаторах | ИД-3ПК-4 | | | | + | | Контрольная работа/Перенапряжения в электрических системах |
| Уметь: | | | | | | | |
| использовать средства защиты от перенапряжений | ИД-3ПК-4 | | | | | + | Контрольная работа/Квазистационарные перенапряжения |
| измерять высокое напряжений и импульсный ток | ИД-5ПК-4 | | + | | | | Контрольная работа/Высоковольтное оборудование |
| применять на практике правила изоляции высоковольтного оборудования | ИД-5ПК-4 | | | + | | | Контрольная работа/Изоляция высоковольтного оборудования |
| определять электрические разряды в диэлектрических средах | ИД-5ПК-4 | + | | | | | Контрольная работа/Электрические разряды в диэлектрических средах |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Высоковольтное оборудование (Контрольная работа)
2. Изоляция высоковольтного оборудования (Контрольная работа)
3. Квазистационарные перенапряжения (Контрольная работа)
4. Перенапряжения в электрических системах (Контрольная работа)
5. Электрические разряды в диэлектрических средах (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. А. А. Акифьева- "Электромагнитная совместимость высоковольтных линий электропередач в пределах городской черты: выпускная бакалаврская работа", Хабаровск, 2018 - (65 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492121>;
2. Александров, Г. Н. Электрическая прочность наружной высоковольтной изоляции / Г. Н. Александров, В. Л. Иванов, В. Е. Кизеветтер . – Л. : Энергия, 1969 . – 240 с.;
3. Бобиков, В. Е. Инженерные аспекты применения метода эквивалентных зарядов в расчетах электрических полей высоковольтного оборудования : Специальность 05.14.12 - Техника высоких напряжений : Диссертация кандидата технических наук / В. Е. Бобиков, Всероссийск. электротехнич. ин-т им. В.И. Ленина (ВЭИ) . – 1983 . – 242 с. - Автореферат есть .;
4. П. А. Юриков- "Перенапряжения и электрическая прочность высоковольтной изоляции", Издательство: "Энергия", Москва, Ленинград, 1964 - (72 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=118034>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--------------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-417/6, Белая мультимедийная студия | стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный |
| | Ж-417/7, Световая черная студия | стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО | стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО | стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Ж-200б, Конференц-зал ИДДО | стол, стул, компьютер персональный, кондиционер |
| Помещения для хранения оборудования | Ж-417 /2а, Помещение для | стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и |

| | | |
|----------------------|-----------|--|
| и учебного инвентаря | инвентаря | курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования |
|----------------------|-----------|--|

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Эксплуатация высоковольтного оборудования**

(название дисциплины)

5 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Электрические разряды в диэлектрических средах (Контрольная работа)
 КМ-2 Высоковольтное оборудование (Контрольная работа)
 КМ-3 Изоляция высоковольтного оборудования (Контрольная работа)
 КМ-4 Перенапряжения в электрических системах (Контрольная работа)
 КМ-5 Квазистационарные перенапряжения (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| 1 | Электрические разряды в диэлектрических средах | | | | | | |
| 1.1 | Электрические разряды в газах | | + | | | | |
| 1.2 | Пробой конденсированных сред | | + | | | | |
| 2 | Высоковольтное оборудование | | | | | | |
| 2.1 | Высоковольтное испытательное оборудование | | | + | | | |
| 2.2 | Методы и устройства получения высоковольтных импульсов напряжения | | | + | | | |
| 3 | Изоляция высоковольтного оборудования | | | | | | |
| 3.1 | Классификация электрической изоляции | | | | + | | |
| 3.2 | Изоляция силовых кабелей высокого напряжения | | | | + | | |
| 4 | Перенапряжения в электрических системах | | | | | | |
| 4.1 | Классификация видов перенапряжений | | | | | + | |
| 4.2 | Волновые процессы в трансформаторах | | | | | + | |
| 5 | Квазистационарные перенапряжения | | | | | | |
| 5.1 | Резонансные перенапряжения на основной частоте в установившемся режиме при холостом ходе односторонне питаемой линии | | | | | | + |

| | | | | | | |
|-----|-------------------------------|----|----|----|----|----|
| 5.2 | Коммутационные перенапряжения | | | | | + |
| | Вес КМ, %: | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |