

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль «Электроснабжение»
РПД Б1.В.13 «Техника высоких напряжений»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе

В.В. Рожков

02 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность): 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года 11 месяцев

Форма обучения: заочная

Год набора: 2025

Смоленск

Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от «28» февраля 2018 г. № 144

Программу составил:

подпись

ст. преп., к.т.н. Трушаков Р.В.

ФИО

20.01.2025 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетические системы»

23.01.2025 г.

Заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы»:

подпись

к.т.н., доцент Р.В. Солопов

ФИО

06.02.2025 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

зам. начальника УУ

Е.В. Зуева

ФИО

06.02.2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: подготовка обучающихся к научно-исследовательской и проектной деятельности по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС ВО и ОП ВО, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачи: изучить процессы, протекающие в воздушной и твердой изоляции электроустановок. Изучить перенапряжения, возникающие в изоляции электроустановок в результате грозовой деятельности и устройства защиты от них. Изучить методы профилактических испытаний изоляции, применяемые при эксплуатации электрических систем. Приобрести практические навыки оценки возникающих перенапряжений и применение защитных устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Техника высоких напряжений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Б1.В.14 Введение в электроэнергетику
- Б2.В.01(У) Ознакомительная практика

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

- Б1.В.06 Промышленная электроника
- Б1.В.07 Воздушные и кабельные линии электропередач
- Б1.В.12 Низковольтные электрические аппараты
- Б1.В.ДВ.02.01 Статистика в задачах электроэнергетики
- Б1.В.ДВ.02.02 Моделирование в электроэнергетике
- Б2.В.03(Н) Научно-исследовательская работа
- Б1.В.02 Электроэнергетические системы и сети
- Б1.В.05 Электротехнологические установки
- Б1.В.08 Электрооборудование электрических станций и подстанций
- Б1.В.09 Электрическое освещение
- Б1.В.11 Электроснабжение
- ФТД.02 Применение цифровых технологий в электроэнергетике
- Б3.01 Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК- Способен решать задачи цифровизации в электроэнергетике и электротехнике		
ПК-2. Способен принимать участие в проектировании систем электроснабжения в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет альтернативные варианты технических решений для систем электроснабжения	Знает: перечни государственных стандартов и нормативно-технической документации проектирования электроэнергетических сетей и систем Умеет: составлять альтернативные варианты технических решений Владеет: навыками практического применения требований нормативных документов к выбору альтернативных вариантов технических решений для систем электроснабжения
	ПК-2.2 Обосновывает выбор наиболее целесообразного решения при проектировании систем электроснабжения в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, энергоэффективных и экологических требований	Знает: различные типы защитных аппаратов и их характеристики Умеет: применять требования нормативно-технической документацией для выбора защитных аппаратов Владеет: навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ для расчета параметров защитных аппаратов

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	лекционные занятия 2 шт. по 2 часа: 1.1. Тема. Общие сведения о грозовой деятельности. Лекция 1 Физические процессы, протекающие при электрическом разряде молнии на землю. Электрические характеристики молнии (максимальное значение тока молнии, крутизна фронта тока молнии, волновое сопротивление канала молнии). 1.2 Тема. Грозоупорность воздушных линий и подстанций. Лекция 2. Стержневые молниеотводы. Принцип действия, защитные зоны. Защитные промежутки, трубчатые разрядники, вентильные разрядники. Общие принципы молниезащиты воздушных линий. Общие принципы грозозащиты подстанций. Параметры импульсных грозовых перенапряжений.
2	практические занятия 2 шт. по 2 часа 2.1 Расчет импульсного 50% разрядного напряжения гирлянды изоляторов. Выбор изоляционных расстояний на опоре и в пролете воздушных линий. 2.2 Расчет вероятностей прорыва молнии сквозь тросовую защиту, пробоя воздушного промежутка между грозозащитным тросом и фазным проводом ВЛ. Расчет защитных зон одиночного стержневого молниеотвода для различных вероятностей прорыва молнии сквозь зону защиты.
3	расчетно-графическая работа: «Расчет грозоупорности воздушной линии»
4	Самостоятельная работа студентов: Общие сведения о грозовой деятельности, изучение технических характеристик защитных аппаратов, изучение нормативных документов по грозозащите ВЛ, изучение нормативных документов по грозозащите подстанций. Измерение $\text{tg}\delta$ и емкости как метод профилактики изоляции, метод емкость – частота, метод, основанный на зависимости $\text{tg}\delta$ от температуры, мост Шеринга, приборы контроля влажности ПКВ. Особенности работы защитных аппаратов при ограничении перенапряжений. Допустимые напряжения на защищаемой изоляции. Эффективность защиты электрооборудования подстанции. Задачи и методы профилактики изоляции. Виды дефектов в изоляции. Процессы в многослойном диэлектрике. Методы обнаружения распределенных дефектов в изоляции. Частичные разряды и методы обнаружения сосредоточенных дефектов в изоляции. Измерения сопротивления и распределения напряжения для выявления дефектов в изоляции. Расчет импульсного сопротивления заземления опоры ВЛ. Расчет эффективности защиты ОРУ. Расчет феррорезонансных перенапряжений в электрической сети напряжениям 35-110кВ.

Текущий контроль: опрос по темам практических занятий.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине
	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные средства текущего контроля:

На защите соответствующих занятий задается 1 практический вопрос из примерного перечня:

1. Определение числа изоляторов в гирлянде.
2. Определение импульсного разрядного напряжения гирлянды.
3. Определение вероятности прорыва молнии сквозь тросовую защиту.
4. Определение вероятности перекрытия гирлянды изоляторов при ударе молнии в провод.
5. Определение вероятности перекрытия гирлянды изоляторов при ударе молнии в вершину опоры.
6. Определение вероятности перекрытия воздушного промежутка трос-провод при ударе молнии в грозозащитный трос.
7. Расчет сопротивления вертикальных и горизонтальных заземлителей.
8. Расчет импульсного сопротивления заземлителя опоры.
9. Расчет защитной зоны одиночного стержневого молниеотвода.
10. Расчет защитной зоны двух стержневых молниеотводов, образующих пару.
11. Расчет импульсного сопротивления заземляющего контура подстанции.
12. Оценка эффективности защиты открытого распределительного устройства от прямых

ударов молнии.

13. Расчет феррорезонансных перенапряжений.
14. Расчет коммутационных перенапряжений.

Оценочные средства промежуточной аттестации:

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – зачет с оценкой.

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями к экзамену.

1. Физическая природа молнии.
2. Электрические характеристики молнии.
3. Характеристики грозовой деятельности. Принцип действия молниеводов.
4. Зона защиты молниевода.
5. Заземление молниеводов.
6. Конструктивное выполнение молниеводов. Общие сведения о защитных аппаратах.
7. Защитные промежутки.
8. Трубчатые разрядники.
9. Вентильные разрядники. Нелинейные ограничители перенапряжений.
10. Общие принципы молниезащиты воздушных линий.
12. Грозоупорность линий без тросов.
13. Грозоупорность линий с тросами.
14. Молниезащита подстанций.
15. Параметры импульсных грозовых перенапряжений, набегающих на подстанцию.
16. Принцип защиты электрооборудования подстанций набегающих импульсов грозовых перенапряжений.
17. Допустимые напряжения на защищаемой изоляции электрооборудования.
18. Определение длины защищенного подхода к подстанции.
19. Эффективность защиты электрооборудования подстанций.
19. Задачи и методы профилактики изоляции.
20. Методы обнаружения распределенных дефектов в изоляции.
21. Приборы для обнаружения распределенных дефектов в изоляции.
22. Частичные разряды и методы их обнаружения.
23. Измерение сопротивления и распределения напряжения.
24. Общая характеристика газовой изоляции.
25. Процессы в многослойном диэлектрике.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей

	<p>программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».</p>
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».</p>
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины..</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».</p>
«неудовлетворительно»/ не зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля.</p> <p>Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Для проведения лекций

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной

Для проведения практических занятий

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием

дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Бочаров, Ю.Н. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Ю.Н. Бочаров, С.М. Дудкин, В.В. Титков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. - СПб : Издательство Политехнического университета, 2013. - 265 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7422-3998-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363032>
2. Чайкина, Л.П. Техника высоких напряжений : учебник / Л.П. Чайкина. - М. : Маршрут, 2005. - 230 с. - ISBN 5-89035-298-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=226355>

Дополнительная литература.

1. Методические указания к упражнениям по курсам "Изоляция и перенапряжения", "Техника высоких напряжений" / СФ МЭИ ; сост.: А.Г. Сидоров .— Смоленск : СФ МЭИ, 2009 .— 20 с. : ил. — 21.82.
2. Справочник энергетика. [Текст]. / Э.А. Киреева, В.И. Григорьев, Г.Ф. Быстрицкий и др., под ред. А.Н. Чохонелидзе.-М.: Колосс, 2006.-486с.
3. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 и 110-1150 кВ. В 6 Т: учеб.-произв.изд. [Текст]. / Е.Ф. Макаров, под ред.гл. спец. ОАО «Мосэнерго». -М.: Энергия, Т6, 2006.-624с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Грозозащита ВЛ http://www.ros-electro.ru/articles/articles_917.html
2. Школа электрика. Грозозащита <http://electricalschool.info/main/elsnabg/454-grozozashhita-vozdushnykh-linijj.html>
3. Энергетика. Оборудование и документация <http://forca.ru/knigi/arhiv/kak-rabotaet-elektricheskaya-izolyaciya-3.html>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10