Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор Департамента по образовательной политике
Дата подписания: 17.09.2025 17:18:59
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ /К.И. Лушин/

«27» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Техника высоких напряжений»

Направление подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль
«Электрооборудование и промышленная электроника»

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков /

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Техника высоких напряжений» 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3 Структура и содержание дисциплины 4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 4
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
4.2 Основная литература 7
4.3 Дополнительная литература 7
4.4 Электронные образовательные ресурсы 7
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5 Материально-техническое обеспечение 8
6 Методические рекомендации 9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. 9
7 Фонд оценочных средств 10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 10
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 10
7.3 Оценочные средства 10

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Техника высоких напряжений»

Целью изучения дисциплины является формировании у обучающихся комплексного представления о принципах выполнения, условиях работы, испытаний и защиты изоляционных конструкций высоковольтных электроустановок, а также условиях их рационального применения.

Задачей изучения дисциплины: дать знания особенностей внешней и внутренней изоляции высоковольтных электроустановок; электрофизические процессы, происходящие в изоляционных конструкциях при воздействии высоких напряжений; условия рационального выполнения изоляции электроустановок; виды воздействующих на изоляцию при эксплуатации напряжений и перенапряжений и основные способы и средства защиты от них.

Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.

Обучение по дисциплине **«Техника высоких напряжений»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИПК-1.1. Знает основные электрофизические процессы, происходящие в изоляционных конструкциях при воздействии высоких напряжений, и владеет основами безопасной работы на высоковольтных электроустановках; ИПК-1.2. Умеет анализировать влияние различных факторов на электрическую прочность и устройство изоляционных конструкций; ИПК-1.3. Владеет начальными навыками проведения высоковольтных испытаний.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- физика;
- теоретические основы электротехники;
- электротехническое и конструкционное материаловедение.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 7
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**54**	**54**
	В том числе:		
2.1	Оформление отчётов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	24	24
2.2	Обучение в системе LMS	20	20
2.3	Подготовка к промежуточной аттестации	10	10
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Зачет**
	Итого	**108**	**108**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час				
		Всего	**Аудиторная работа**			**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	
1	**Раздел 1. Введение**	**6**	**2**	**-**	**-**	**4**
1.1	Тема 1. Предмет, задачи и общая структура курса	6	2	-	-	4
2	**Раздел 2. Внешняя изоляция, её основные свойства и характеристики**	**46**	**8**	**6**	**14**	**18**
3	**Раздел 3. Внутренняя изоляция**	**20**	**4**	**4**	**4**	**8**
3.1	Тема 1. Общие свойства внутренней изоляции	8	2	2	-	4
3.2	Тема 2. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции	12	2	2	4	4
4	**Раздел 4. Защитные аппараты и устройства от перенапряжений**	**14**	**2**	**4**	**-**	**8**
4.1	Тема 1. Защитные аппараты	7	1	2	-	4
4.2	Тема 2. Устройства от перенапряжений. Координация изоляции	7	1	2	-	4
5	**Раздел 5. Молния как источник грозовых перенапряжений**	**12**	**2**	**4**	**-**	**6**
5.1	Тема 1. Молния как источник грозовых перенапряжений	6	1	2	-	3

5.2	Тема 2. Защита от прямых ударов молнии	6	1	2	-	3
Итого		**108**	**18**	**18**	**18**	**54**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение

Тема 1. Предмет, задачи и общая структура курса

Предмет и задачи дисциплины. Роль высоких напряжений в электроэнергетике.

Тема 2. Внешняя и внутренняя изоляции

Внешняя и внутренняя изоляции, их характерные особенности. Рабочие напряжения и перенапряжения. Причины появления перенапряжений на изоляции. Общее представление об уровнях изоляции и координации изоляции электрооборудования.

Раздел 2. Внешняя изоляция, её основные свойства и характеристики

Атмосферный воздух как диэлектрик. Электрический разряд в газе. Вольт-амперная характеристика газового промежутка в однородном поле и понятие самостоятельности разряда. Формы газового разряда. Развитие разряда в воздушных промежутках с однородным полем. Лавина электронов и условие самостоятельности разряда. Закон Пашена. Элементы стримерной теории разряда. Понятие неоднородного электрического поля и особенности развития разряда в промежутках с таким полем. Эффект полярности. Особенности разряда в длинных воздушных промежутках.

Раздел 3. Внутренняя изоляция

Тема 1. Общие свойства внутренней изоляции

Общие свойства внутренней изоляции и её разновидности. Вольт-временная зависимость внутренней изоляции.

Тема 2. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции

Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Частичные разряды. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции.

Раздел 4. Защитные аппараты и устройства от перенапряжений

Тема 1. Защитные аппараты

Общий принцип действия защитных устройств от перенапряжений. Координация изоляции. Разновидности защитных аппаратов. Длинно-искровые разрядники (РДИ) и изоляторы-разрядники мультикамерные (ИРМ): устройство и принцип действия, область применения.

Тема 2. Устройства от перенапряжений. Координация изоляции

Вентильные разрядники (РВ): устройство, принцип действия, основные характеристики, область применения. Ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН): устройство, принцип действия, основные характеристики, область применения. места размещения, особенности выбора.

Раздел 5. Молния как источник грозовых перенапряжений

Тема 1. Молния как источник грозовых перенапряжений

Молния как источник грозовых перенапряжений: формирование и развитие молнии; параметры тока молнии; характеристики грозовой активности; перенапряжения при прямом попадании молнии в объект.

Тема 2. Защита от прямых ударов молнии

Защита от прямых ударов молнии: молниеотводы, их устройство и принцип действия; зоны защиты молниеотводов; рациональное размещение молниеотводов на подстанции. Активная молниезащита.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Внешняя изоляция, её основные свойства и характеристики (6 часов);
Внутренняя изоляция (4 часа);
Защитные аппараты и устройства от перенапряжений (4 часа);
Молния как источник грозовых перенапряжений (4 часа).

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Исследование электрической прочности воздушного промежутка при длительном воздействии напряжения;

Лабораторная работа №2. Электрические разряды по поверхности твёрдого диэлектрика;

Лабораторная работа №3. Исследование распределения напряжения по гирлянде изоляторов;

Лабораторная работа №4. Импульсная прочность изоляции.

Лабораторная работа №5. Устройство и работа генератора импульсных напряжений и измерение разрядных напряжений с помощью шаровых разрядников

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Свод правил «Электротехнические устройства» СП 76.13330.2016. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.
2. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
3. ГОСТ 2933–83. Аппараты электрические низковольтные. Методы испытаний.
4. ГОСТ IEC 60947-1-2014. Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1.
5. ГОСТ 30331.1–2013 (IEC 60364–1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения.

4.2 Основная литература

1. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений Текст учеб. - справ. руководство Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель ; пер. с англ. С. М. Смольского ; под ред. И. П. Кужекина. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 517 с. ил., табл. 25

4.3 Дополнительная литература

1. Базуткин, В. В. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах. Учебник под общ. ред. Ларионова В. П. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 464 с. ил.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Энергоустановки высоких параметров	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=11993

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/
8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/
9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами и интерактивной доской, мультимедийным проекторам и экранам: В-307 и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных работ используется аудитория: В-307 и аудитории в Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.9 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации в седьмом семестре: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Общие вопросы энергетики» проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Техника высоких напряжений».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«зачет»** и их описание:

Шкала оценивания	**Критерий оценивания**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

1. Подготовка к выполнению, оформление отчетов и защита лабораторных работ.

2. Выполнение промежуточного и итогового тестирования по основным разделам дисциплины в системе LMS.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме **зачёта** проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра.

Вопросы к зачету:

1. Техника высоких напряжений: предмет изучения, основные разделы и понятия дисциплины. Принцип «приведение изоляции к норме». Понятие координации изоляции.
2. Разряд в газовом промежутке и его вольт-амперная характеристика. Формы самостоятельного разряда в газах.
3. Электрофизические процессы в газах: возбуждение и ионизация атомов и молекул; рекомбинация заряженных частиц; образование отрицательных ионов.
4. Виды ионизации газового промежутка: ударная, фотоионизация, термическая, поверхностная.
5. Коэффициент объемной ударной ионизации и факторы, влияющие на него.
6. Понятие лавины электронов. Искажение электрического поля при формировании лавины. Условие самостоятельности разряда.
7. Разряд в однородном поле. Закон Пашена. Качественное объяснение его графического представления.
8. Элементы стримерной теории разряда. Формирование катодного стримера в условиях однородного поля.
9. Понятие резконеоднородного электрического поля. Электрическое поле одиночного заряженного проводника.
10. Особенности формирования канала разряда в воздушном промежутке в условиях резконеоднородного электрического поля. Экспериментальные зависимости разрядных напряжений от расстояния между электродами разной формы.
11. Эффект полярности в условиях несимметричного резконеоднородного электрического поля.
12. Лидерная стадия разряда. Главный (обратный) разряд.
13. Понятие импульсной прочности изоляции. Время разряда и его составляющие.
14. Стандартный грозовой испытательный импульс. Вольт-секундная характеристика (ВСХ) изоляции и способы её получения.
15. Особенности ВСХ в условиях однородного и резконеоднородного электрических полей. Защита изоляции искровыми промежутками.
16. Коронный разряд и его характеристики.
17. Коронный разряд на проводах воздушных ЛЭП при постоянном напряжении.
18. Применение расширенных и расщеплённых проводов для снижения потерь на корону.
19. Общий принцип действия защитных устройств. Разновидности разрядников. Устройство, принцип действия и назначение длинно-искрового разрядника (РДИ).
20. Вентильные разрядники (РВ): назначение, устройство, принцип действия, основные параметры и область применения.
21. Ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН): назначение, устройство, принцип действия, основные параметры. Преимущества ОПН над РВ. Места установки ОПН на подстанции.