Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 14:22:21
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

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ К.И. Лушин
27 февраля 2025 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Перенапряжения в системах электроснабжения»

Направление подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль
«Электроснабжение»

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
заочная

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 «Перенапряжения в системах электроснабжения» 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 6
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 6
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 6
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 7
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5 Материально-техническое обеспечение 8
6 Методические рекомендации 8
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 8
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. 9
7 Фонд оценочных средств 9
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 9
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 10
7.3 Оценочные средства 10

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Перенапряжения в системах электроснабжения»

Целью изучения дисциплины заключается в ознакомлении будущего специалиста со всем комплексом сложных вопросов и проблем, связанных с перенапряжениями в системах электроснабжения, научить его проводить необходимые расчеты с целью определения величин атмосферных и коммутационных перенапряжений, проводить выбор аппаратов защиты от перенапряжений, обеспечивающих протекание процессов с минимальными отрицательными воздействиями на электрооборудование систем электроснабжения, как в нормальных, так и в аварийных условиях эксплуатации.

Задачей изучения дисциплины: освоение методов расчетов величин атмосферных и коммутационных перенапряжений в системах электроснабжения и методик выбора аппаратов защиты от перенапряжений.

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

Обучение по дисциплине **«Перенапряжения в системах электроснабжения»** 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. Выбирает технические средства для защиты основного оборудования систем электроснабжения от перенапряжений и места их установки; ИПК-1.2. Составляет схемы замещения для анализа перенапряжений и описывать их; ИПК-1.3. Использует оборудование, применяемое для снижения перенапряжений в системах электроснабжения.

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;
- математический анализ;
- переходные процессы в системах электроснабжения;
- теоретические основы электротехники;
- электрические станции и подстанции.

3 Структура и содержание дисциплины

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

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 10
1	**Аудиторные занятия**	**12**	**12**
	В том числе:		
1.1	Лекции	4	4
1.2	Семинарские/практические занятия	4	4
1.3	Лабораторные занятия	4	4
2	**Самостоятельная работа**	**96**	**96**
	В том числе:		
2.1	Оформление отчётов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	30	30
2.2	Обучение в системе LMS	30	30
2.3	Подготовка к промежуточной аттестации	36	36
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Экзамен**
	Итого	**96**	**96**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Внешние (атмосферные) перенапряжения, мониезащита воздушных линий, оборудования станций и подстанций**	**26**	**2**	**-**	**-**		**24**
1.1	Тема 1. Понятие и причины появления внешних перенапряжений	13	1	-	-		12
1.2	Тема 2. Грозозащита подстанций от прямых ударов молний	13	1	-	-		12
2	**Раздел 2. Внутренние (коммутационные) перенапряжения, защита изоляции электрооборудования от них**	**82**	**2**	**4**	**4**		**72**
2.1	Тема 1. Причины появления внутренних перенапряжений	35	1	1	2		31
2.2	Тема 2. Перенапряжения при отключении	47	1	3	2		41
Итого		**108**	**4**	**4**	**4**		**96**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Внешние (атмосферные) перенапряжения, мониезащита воздушных линий, оборудования станций и подстанций

Тема 1. Понятие и причины появления внешних перенапряжений

Понятие и причины появления внешних перенапряжений. Волновые процессы в линиях электропередач, перенапряжения при прохождении волны через узел с емкостью и через индуктивность. Искажение волны за счет импульсной короны.

Перенапряжения в обмотках трансформатора при падении на него волны перенапряжений.

Тема 2. Грозозащита подстанций от прямых ударов молний

Разделение зарядов в грозовом облаке, грозовой разряд. Интенсивность грозовой деятельности. Определение числа грозовых отключений воздушных линий при отсутствии и наличии грозозащитного троса. Грозозащита подстанций от прямых ударов молний (виды молниеотводов и определение параметров зон защиты). Грозозащита подстанций от волн перенапряжений, приходящих с линий. Грозозащитный подход к подстанции. Аппараты защиты от перенапряжений.

Графический метод построения напряжения на вентильном разряднике и на ОПН. Зона защиты разрядника и ОПН

Раздел 2. Внутренние (коммутационные) перенапряжения, защита изоляции электрооборудования от них

Тема 1. Причины появления внутренних перенапряжений

Понятие и причины появления внутренних перенапряжений. Перенапряжения при включении батарей конденсаторов и ненагруженных линий.

Тема 2. Перенапряжения при отключении

Перенапряжения при отключении батарей конденсаторов и ненагруженных линий.

Перенапряжения при отключении ненагруженного трансформатора.

Перенапряжения при отключении коротких замыканий.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практическое занятие №1. Перенапряжения при включении конденсаторных батарей. Перенапряжения при отключении конденсаторных батарей.

Практическое занятие №2. Перенапряжения при отключении коротких замыканий.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Исследование перенапряжений при включении батареи конденсаторов или ненагруженных линий;

Лабораторная работа №2. Исследование перенапряжений при отключении батареи конденсаторов.

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. 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.
2. Техника высоких напряжений Учебник для студентов электроэнерг. и электротехн. спец. вузов Под общ. ред. Д. В. Разевига. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Энергия, 1976. - 488 с. ил.

4.3 Дополнительная литература

1. Базуткин, В. В. Расчеты переходных процессов и перенапряжений. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 328 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
Электромагнитные переходные процессы. Часть II	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=10444

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 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной подготовки к следующему занятию.

6.1.9 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).

6.1.10 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 десятом семестре: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов

обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

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

Шкала оценивания	***Критерий оценивания***
Отлично	*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.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.*
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.*
Неудовлетворительно	*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 проводится в форме письменного **экзамена** с последующим собеседованием по материалам ответа.

Для допуска к экзамену студенты должны выполнить и защитить все лабораторные работы, а также выполнили тестовые задания в системе LMS.

Экзаменационный билет содержит два вопроса. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 40 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса.

Вопросы к экзамену:

1. Причины появления прямых, отраженных и преломленных волн.
2. Как определить величину отраженной и преломленной волны?
3. В каком случае можно считать, что линия имеет бесконечную длину?
4. В каких случаях возможны многократные отражения волн?
5. Как влияет индуктивность линии на крутизну фронта волны перенапряжений?
6. Как влияет емкость линии на крутизну фронта волны перенапряжений?
7. Схема замещения обмотки трансформатора для начального момента времени при падении на нее волны перенапряжений.
8. Схема замещения обмотки трансформатора для установившегося режима при падении на нее волны перенапряжений.
9. Какова величина максимальных перенапряжений в обмотке трансформатора при падении на нее волны перенапряжений?
10. Процесс разделения зарядов в грозовом облаке.
11. Развитие разряда молнии.
12. Параметры интенсивности грозовой деятельности.
13. Нарисовать кривую повторяемости тока молнии.
14. Нарисовать кривую повторяемости крутизны тока молнии.
15. С какой целью выполняется грозозащита воздушных линий?
16. Технические мероприятия, выполняемые с целью грозозащиты линии.
17. Какую роль в грозозащите линий играет заземление опор и его величина?
18. Каковы составные части молниеотвода?
19. Зоны защиты одиночных стержневого и тросового молниеотводов, двойных одиночных и тросовых молниеотводов, системы молниеотводов.
20. Чем определяется минимальное расстояние от молниеотвода до токоведущих частей?
21. Пояснить понятие «Импульсное сопротивление заземления».
22. Конструкция и принцип работы защитного промежутка.
23. Конструкция и принцип работы трубчатого разрядника.
24. Роль грозозащитного троса в грозозащите линий эдектропередачь.
25. Для чего выполняется грозозащитный подход к подстанции?
26. Конструктивное выполнение грозозащитного подхода.
27. Какие функции выполняет грозозащитный подход?
28. Назначение вентильного разрядника.
29. Конструкция вентильного разрядника.
30. Что такое остаточное напряжение на разряднике.
31. За счет чего достигается необходимая степень нелинейности ВАХ вентильного разрядника.
32. Обьяснить принцип работы искрового промежутка с неподвижной дугой, в каких разрядниках он применяется?
33. Объяснить принцип работы искрового промежутка с магнитным гашением дуги, в каких разрядниках он применяется?
34. Назначение и конструкция ограничителя перенапряжений нелинейного (ОПН)?

35. За счет чего достигается необходимая степень нелинейности ВАХ ОПН.
36. Графический метод построения напряжения на разряднике.
37. Зона защиты вентильного разрядника.
38. Графический метод построения напряжения на ОПН.
39. Зона защиты ОПН.
40. Причины появления внутренних перенапряжений.
41. Какой параметр схемы замещения сети оказывает наибольшее влияние на величины внутренних перенапряжений и почему?
42. Схема замещения сети при анализе перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий.
43. Как влияет на величину перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий величина остаточного напряжения на емкости?
44. Как влияет на величину перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий фаза напряжения в момент коммутации?
45. Как влияет на величину перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий наличие однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью?
46. Схема замещения сети при анализе перенапряжений при отключении батарей конденсаторов или ненагруженных линий.
47. Каковы максимально возможные перенапряжения при отключении ненагруженной линии при анализе простейшей схемы замещения?
48. Какие факторы приводят к снижению перенапряжений при отключении батарей конденсаторов?
49. Схема замещения сети при анализе перенапряжений при отключении ненагруженных трансформаторов.
50. От соотношения каких параметров зависит величина перенапряжений при отключении ненагруженных трансформаторов?
51. Что такое ток среза?
52. За счет чего происходит срез тока при отключении ненагруженных трансформаторов?
53. При каком условии наблюдается максимум перенапряжений при отключении ненагруженных трансформаторов?
54. Что приводит к снижению перенапряжений при отключении ненагруженных трансформаторов?
55. Схема замещения сети при анализе перенапряжений при отключении коротких замыканий.
56. Исходные уравнения переходного процесса при отключении коротких замыканий.
57. От чего зависит величина перенапряжений при отключении коротких замыканий?
58. Какова максимально возможная величина перенапряжений при отключении коротких замыканий?
59. Как влияет установка продольной компенсации реактивной мощности на величину перенапряжений при отключении коротких замыканий?
60. Объяснить, почему величины перенапряжений при отключении коротких замыканий в различных точках питающей сети различны?
61. Схема замещения сети при анализе перенапряжений при неустойчивом горении дуги однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.
62. Что такое «Перемежающаяся дугу»?
63. Чем определяется ток однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью, от чего зависит его величина?

64. Какие факторы, влияющие на величину перенапряжения, приводят к ее снижению при неустойчивом горении дуги однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью?