



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Чайковский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Н.В. Лобов Н.В. Лобов

« 07 » 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Техника высоких напряжений
(наименование)

Форма обучения: очно-заочная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления)

Направленность: Электроснабжение
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование у студентов 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.

Задачи учебной дисциплины

- изучение особенностей изоляции высоковольтного оборудования и явлений, возникающих при воздействии на него сильных электрических полей, перенапряжений, и защиты от них, способов получения и измерения высоких напряжений;
- формирование умения анализировать волновые процессы в линиях электропередачи, расчета и выбора элементов защиты высоковольтного электрооборудования, использовать уравнения, описывающие поведение заряженных частиц в электрических и магнитных полях;
- формирование навыков подбора элементов защиты высоковольтного оборудования, работы с высоковольтным испытательным оборудованием.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- корона на проводах ЛЭП;
- разрядники и ограничители перенапряжений;
- грозозащита линий электропередачи, подстанций и электрических машин;
- волновые процессы на ЛЭП;
- высоковольтные испытательные установки и измерение высоких напряжений

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|---|---|---------------------------|
| знает виды изоляции высоковольтного оборудования; способы получения и измерения высоких напряжений; физическую природу возникновения перенапряжений и способы защиты от них. | ИД-1 пк-2.1 Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электро-энергетических установок различного назначения. | экзамен |
| | ИД-1 пк-2.6 Знает правила технологического функционирования электроэнергетических систем; требования системы технического регулирования к системе электроснабжения; методики и правила проведения расчетов для проекта системы электроснабжения. | |
| умеет определять основные параметры электроразрядных процессов, выбирать оптимальные условия надежного функционирования изоляции электрооборудования; использовать методы анализа, моделирования и расчетов | ИД-2 пк-2.1 Умеет проектировать схемы, электротехнические и электро-энергетические установки. | Защита лабораторных работ |
| | ИД-2 пк-2.6 Умеет выбирать необходимые требования к функционированию системы электроснабжения; выбирать | |

| | | |
|--|---|-----------------------|
| режимов изделий, устройств и установок электроэнергетического и электротехнического назначения с использованием физико-математического аппарата. | методики расчета для проекта системы электроснабжения; определять перечень оборудования для системы электроснабжения. | |
| владеет методами расчета перенапряжений в линейных и нелинейных электрических цепях; анализом режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; навыками работы со справочной литературой и нормативно-техническими материалами | ИД-3 пк-2.1 Владеет навыками расчета схем и режимов работы электронных и электротехнических установок. | Рубежное тестирование |
| | ИД-3 пк-2.6 Владеет навыками формирования перечня оптимальных технических решений проектной документации системы электроснабжения; выполнения расчетов для проекта системы электроснабжения. | |

3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
| | | Номер семестра |
| | | 6 |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 32 | 32 |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | |
| - лекции (Л) | 12 | 12 |
| - лабораторные работы (ЛР) | 18 | 18 |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | - | - |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | 2 | 2 |
| - контрольная работа | - | - |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 112 | 112 |
| 2. Промежуточная аттестация/контактная работа | 36/8 | 36/8 |
| Экзамен/контактная работа | 36/8 | 36/8 |
| Дифференцированный зачет | - | - |
| Зачет | - | - |
| Курсовой проект (КП) | - | - |
| Курсовая работа (КР) | - | - |
| Общая трудоемкость дисциплины | 180 | 180 |

1. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Основные понятия техники высоких напряжений | 1 | - | - | 2 |
| Тема 1. Виды изоляции, классы напряжений. Напряжения, воздействующие на изоляцию. Наибольшее рабочее напряжение. Режим работы | | | | |

| | | | | |
|--|----------|----------|----------|-----------|
| нейтрали, его влияние на перенапряжения. Уровень изоляции. Координация изоляции. | | | | |
| Разряды в газах. Электрическая прочность газовых диэлектриков. | 1 | 2 | - | 14 |
| Тема 2. Разряды в газах. Конфигурация электрических полей. Ионизационные процессы в газе. Виды ионизации. Критическое напряжение ионизации. Лавина электронов. Условие самостоятельности разряда. Образование стримера. Закон Пашена. Разряд в неоднородных полях. Эффект полярности. Влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газовой изоляции (вольтсекундная характеристика — ВСХ). | | | | |
| Коронный разряд | 1 | 2 | - | 14 |
| Тема 3. Корона на проводах ЛЭП. Потери энергии при коронировании. Формула Пика. Расщепление провода. Формула Майра. Формула Егоровой и Тиходеева. Практическое применение коронного разряда. | | | | |
| Атмосферные перенапряжения. Развитие грозового разряда. Молниеотводы. Заземлители. | 1 | 2 | - | 10 |
| Тема 4. Развитие грозового разряда. Параметры разряда молнии. Тема 5. Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты. Молниеотводы. Зона защиты молниеотводов. Особенности конструктивного выполнения молниеотводов. Тема 6. Рабочее, защитное, грозозащитное заземление. Сосредоточенные и протяженные заземлители. Удельная электропроводность грунта. Конструктивное выполнение заземлителей. Измерение сопротивления заземлителя. | | | | |
| Волновые процессы в линиях электропередачи. | 1 | - | - | 10 |
| Тема 7. Прохождение электромагнитной волны через узловую точку. Коэффициенты преломления и отражения. Эквивалентные схемы при волновых процессах. Тема 8. Прохождение электромагнитной волны через индуктивность. Прохождение электромагнитной волны мимо емкости. | | | | |
| Грозозащита ЛЭП, подстанций и вращающихся машин. | 1 | 4 | - | 16 |
| Тема 9. Общие принципы защиты ЛЭП. Индуктированные перенапряжения на ЛЭП. Прямой удар молнии в опору линии без тросов. Прямой удар молнии в опору линии с тросами. Прямой удар молнии в провод линии без тросов. Прямой удар молнии в трос в пролете. Защита ЛЭП 110-750кВ на металлических и железобетонных опорах. Защита ЛЭП 35-220кВ на деревянных опорах. Тема 10. Грозозащита подстанций. Допустимое расстояние между вентильным разрядником и защищаемым объектом. Грозозащита подстанций 3-35 кВ. Грозозащита подстанций 110-500кВ. Грозозащита вращающихся машин. Схема защиты | | | | |

| | | | | |
|--|-----------|-----------|----------|------------|
| подстанций с вращающейся машиной при воздушных линейных подходах. | | | | |
| Высоковольтная изоляция. Внешняя изоляция воздушных ЛЭП и ОРУ. | 1 | 4 | - | 4 |
| Тема 11. Высоковольтные изоляторы. Изоляция высоковольтных конденсаторов. Изоляция трансформаторов. Изоляция кабелей. Изоляция электрических машин. Тема 12. Назначение, типы и характеристики изоляторов. Гирлянды изоляторов. Распределение напряжения по элементам гирлянды | | | | |
| Внутренние перенапряжения | 1 | 4 | - | 16 |
| Тема 13. Классификация внутренних перенапряжений по условиям работы изоляции. Перенапряжение при отключении длинных ненагруженных линий. Перенапряжение при отключении ненагруженного трансформатора. Меры по ограничению перенапряжений. | | | | |
| Принципы защиты объектов от перенапряжений | 2 | - | - | 10 |
| Тема 14. Разрядники. Назначение разрядников. Структура времени разряда. Вольт-секундные характеристики искрового промежутка. Ограничители перенапряжения нелинейные. Ограничение внутренних перенапряжений комбинированными магнитно-вентильными разрядниками, с помощью реактора. Конструктивное выполнение разрядников. | | | | |
| Высоковольтные испытательные установки и измерение высоких напряжений | 2 | - | - | 16 |
| Тема 15. Генератор импульсных напряжений. Одноступенчатый ГИН. Связь параметров волны с параметрами схемы. Стандартная волна. Коэффициент использования ГИНа. Многоступенчатый ГИН, устройство и принцип работы. Тема 16. Генератор постоянного напряжения: назначение, устройство, принцип работы. Схема удвоения напряжения. Каскадный генератор постоянного напряжения. Тема 17. Испытательные трансформаторы. Каскадное включение трансформаторов. Тема 18. Измерение высоких напряжений. Шаровые разрядники: измерение постоянного, переменного и импульсного напряжений. Делители напряжения. Электростатические вольтметры. Генерирующие вольтметры. | | | | |
| ИТОГО по дисциплине | 12 | 18 | - | 112 |

Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|---------------------------------------|
| 1 | Разряды в газах. (2) |

| | |
|---|---|
| 2 | Корона на проводах ЛЭП при переменном напряжении. (2) |
| 3 | Молниеотводы. (1) |
| 4 | Заземлители. (1) |
| 5 | Перенапряжения прямого удара молнии. (2) |
| 6 | Изоляторы для ЛЭП и РУ. (2) |
| 7 | Перенапряжения при отключении ненагруженных линий. Перенапряжение при отключении ненагруженного трансформатора. (4) |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|-------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1. Основная литература | | |
| 1 | . 3. Бочаров, Ю.Н. Техника высоких напряжений: учебное пособие / Ю.Н. Бочаров, С.М. Дудкин, В.В. Титков. – М.: Изд-во Юрайт, 2017. –264с. | 2 |

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|---|---|-------------------------------------|
| 2 | Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов.–11-е изд., перераб и доп.– М.: Издательство Юрайт,2013.–701с. | 7 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |
| 1 | Ковригин Л. А. Техника высоких напряжений : конспект лекций / Л. А. Ковригин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005. | 10 |
| 2.2. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используются. | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используются. | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| 1 | Не используются. | |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы ЭБС | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|---|---|---|
| Основная литература | Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов / И. М. Бортник [и др.]. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2010. | | ЭБД, 6 точек доступа |
| Основная литература | Техника высоких напряжений | http://elib.pstu.ru/docview/DocumentId=293 | ЭБД, 6 точек доступа |
| Дополнительная литература | Куффель Е. Техника и электрофизика высоких напряжений : пер. с англ. : учебно-справочное руководство / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель. - Долгопрудный: Интеллект, 2011 | | ЭБД, 6 точек доступа |

6.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---|--|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |
| Библиотека электротехника и электроэнергетика; | http:// DjVu библиотеки - Библиотеки по электротехнике и электроэнергетике (narod.ru) |
| Электронный фонд нормативно-технической документации Техэксперт; | http://docs.cntd.ru |

6.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО | Наименование ПО |
|--|--|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |
| Офисные приложения | Microsoft Office 2007, Лицензия Microsoft Open License №42661567 |
| Система для математических вычислений | SMath Studio in the Cloud, свободная |
| Программные комплексы RastrWin, RastrKZ. | свободная |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования | Количество единиц |
|--------------------------------|---|-------------------|
| Лекция | Рабочее место преподавателя. | 1 |
| Практическое занятие | Рабочие места обучающихся. | 24 |
| Лабораторная работа (ауд. 211) | Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиокolonки. Персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду. | 10 |
| | Доска для написания мелом | 1 |
| | наглядно-демонстрационный материал. информационные стенды; учебно-наглядные пособия; | 1 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

| |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|