

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИИПТ
А.Н. Яковлев
«26» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

Поведение материалов в сильных полях			
Направление подготовки/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
(образовательная программа (направленность (профиль))	Высоковольтная электротехника и силовоточная электроника		
Специализация	Техника и физика высоких напряжений		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		8
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		8
	ВСЕГО		48
Самостоятельная работа, ч			60
ИТОГО, ч			108

Вид промежуточной аттестации	экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОМ ИИИПТ
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры			В.А. Клименов
Руководитель ООП			А.И. Пушкарёв
Преподаватель			Н.С. Кузнецова

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.2	Проводит анализ полученных результатов	ОПК(У)-2.2.31	Знает методы анализа результатов работы, пакеты прикладных программ и компьютерной графики
				ОПК(У)-2.2.У1	Умеет выбирать и применять необходимые методы анализа и использовать пакеты прикладных программ
				ОПК(У)-2.2.В1	Владеть навыками обработки полученных результатов с использованием программных пакетов для ЭВМ
ПК(У)-4	Способен решать научные и инженерные задачи наукоемкого производства	И.ПК(У)-4.1	Решает научные и инженерные задачи наукоемкого производства	ПК(У)-4.1.31	Знает основные направления и концепции развития высоковольтной электротехники
				ПК(У)-4.1.У1	Умеет использовать результаты исследований в области высоковольтной электротехники для решения профессиональных задач
				ПК(У)-4.1.В1	Владеет опытом решения задач в сфере профессиональной деятельности

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания основ протекающих в диэлектрике процессов при воздействии электрических и радиационных полей в области профессиональной деятельности	И.ПК(У)-4.1
РД 2	Выполнять расчеты основных характеристик проводящих, полупроводящих и изоляционных материалов при разных условиях их работы с применением прикладных программных продуктов	И.ПК(У)-4.1
РД 3	Проводить экспериментальные исследования физических явлений и использовать их результаты для решения профессиональных задач	И.ОПК(У)-2.2
РД 4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при экспериментальных исследованиях основных физических процессов в диэлектриках при воздействии электрических полей	И.ОПК(У)-2.2

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Особенности строения газов, жидкостей и твердых тел	РД1, РД2	Лекции	2
		Практические занятия	10
		Самостоятельная работа	10
Раздел 2. Физические явления в диэлектриках в электрических, тепловых и радиационных полях.	РД1, РД 2, РД 3	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Самостоятельная работа	15
Раздел 3. Поляризация как реакция диэлектриков на внешнее поле. Диэлектрические потери	РД1, РД 2	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Самостоятельная работа	15
Раздел 4. Закономерности и механизмы электрического пробоя конденсированных диэлектриков	РД1, РД2, РД3, РД 4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Особенности строения газов, жидкостей и твердых тел.

Атомарное строение газов, жидких и твердых материалов. Понятие полярных и неполярных материалов. Межмолекулярные взаимодействия в газах, жидкостях и твердых телах. Распределение электронов в кристаллических и аморфных телах. Электронная структура энергетических зон в атомах и соединениях. Кристаллическая решетка, основные типы, трансляция, индексы Миллера. Закон Брэгга, дифракция в кристаллических и аморфных материалах. Виды атомных дефектов и их влияние на свойства проводников, диэлектриков и полупроводников.

Темы лекций:

1. Особенности строения проводников, полупроводников и диэлектриков.

Темы практических занятий:

1. Электроны в периодическом потенциальном поле кристаллической решетки твердого тела (энергия электрона, его скорость в зависимости от волнового вектора).
2. Энергетический спектр электронов в кристалле.
3. Распределение электронов в кристаллических и аморфных телах.
4. Виды атомных дефектов и их локальные электронные состояния (дефекты по Шоттки, по Френкелю, центры окраски, линейные, плоскостные, объемные, макродефекты и фазы внедрения)
5. Виды материалов и свойства диэлектриков (особенности строения и свойства полимеров, композиционных материалов, неорганических стекол, ситаллов, керамик).

Раздел 2. Физические явления в диэлектриках в электрических, тепловых и радиационных полях.

Объемная и поверхностная электропроводность. Источники носителей заряда. Автоэлектронная и термоэлектронная эмиссии электронов из электродов, взрывная эмиссия.

Абсорбционный ток и распределение поля в однородных и неоднородных материалах. Особенности и виды электропроводности в газах, жидкостях и твердых телах при различных механизмах электропереноса. Зависимость электропроводности материалов от температуры и напряженности электрического поля. Нелинейные вольтамперные характеристики диэлектриков. Особенности электропроводности неоднородных диэлектриков.

Темы лекций:

2. Особенности электропроводности, характеристики и источники носителей заряда в полупроводниках, металлах и диэлектриках.

Темы практических занятий:

6. Контактные явления на границе металл-диэлектрик, металл-полупроводник, влияние вакуумного зазора.
7. Источники и виды носителей заряда, виды эмиссии (термоэлектронная, автоэлектронная, взрывная).
8. Механизмы электропереноса в конденсированных средах (дрейфовая, активационная, прыжковая, перколяционная, поляронная электропроводность).
9. Особенности электропроводности кристаллов, поликристаллов, аморфных и неоднородных диэлектриков, содержащих проводящие фазы.

Раздел 3. Поляризация как реакция диэлектриков на внешнее поле. Диэлектрические потери.

Действующее поле в диэлектрике и его расчет, поляризуемость диэлектрика, диэлектрическая восприимчивость. Виды поляризации и схема замещения диэлектрика. Статическая и импульсная поляризации, переходный процесс. Время релаксации различных видов поляризации. Температурно-частотные параметры тепловых (релаксационных) и упругих видов поляризации. Потери в диэлектрике на электропроводность и релаксационные потери. Характеристики и мощность потерь в разных типах диэлектриках. Токи, протекающие через диэлектрик (абсорбционный, ток утечки, ток деполяризации). Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь.

Темы лекций:

3. Механизмы и частотные характеристики поляризации (виды упругих и релаксационных поляризаций, время релаксации)

Темы практических занятий:

10. Действующее поле в диэлектрике и его расчет. Уравнение Клаузиуса-Мосотти для слабополярных диэлектриков.
11. Семинар - представление презентаций видам материалов, используемых в изоляторостроении.
12. Характеристики диэлектрических потерь в разных типах диэлектриков. Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь.

Раздел 4. Закономерности и механизмы электрического пробоя конденсированных диэлектриков.

Причины и механизмы фазового перехода при пробое диэлектриков. Неоднородности теплопроводности и распределения температуры как причины теплового пробоя. Зависимость электрической прочности от температуры и толщины диэлектрика, времени воздействия напряжения. Модели теплового пробоя. Характерные признаки и временная зависимость электротеплового пробоя. Развитие электрохимических неустойчивостей и разрушения материала как причины пробоя. Роль газообразования при длительном и кратковременном приложении напряжения при пробое жидкости. Влияние длины и

геометрии промежутков, площади электродов, барьеров и времени воздействия напряжения на электрическую прочность жидких диэлектриков. Влияние плотности, диэлектрической проницаемости, электропроводности и степени очистки на электрическую прочность.

Темы лекций:

4. Механизмы пробоя жидкостей и твердых тел. Влияние геометрии промежутка, времени воздействия напряжения на электрическую прочность.

Темы практических занятий:

13. Причины и механизмы фазового перехода при пробое диэлектриков. Развитие неустойчивостей (тепловая, электромеханическая, ионизационная, перегревная, доменная) в конденсированных диэлектриках.
14. Частичные разряды, триинг. Кривые жизни твердой изоляции. Расчет времени жизни изоляции с ограниченным сроком службы.
15. Виды развивающихся разрядных каналов в зависимости от величины напряжения, геометрии промежутка, полярности и распределения напряженности поля. Расчет основных характеристик пробоя жидких диэлектриков.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование кривых Пашена для воздуха, аргона и гелия.
2. Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика при постоянном и переменном напряжении.
3. Исследование электрической прочности воздушных промежутков при постоянном и переменном напряжении
4. Влияние полярности и рода напряжения на электрическую прочность воздушного промежутка в системе электродов острие-острие, острие-плоскость.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Физика диэлектриков (область сильных полей) : учебное пособие / Г. А. Воробьев [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 243 с.: ил.. - Библиогр.: с. 237-238.. — ISBN 978-5-98298-900-0.
2. Матухин, В. Л.. Физика твердого тела [Электронный ресурс] / Матухин В. Л., Ермаков В. Л.. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 224 с.. — Книга из коллекции Лань - Физика.. — ISBN 978-5-8114-0923-5. Схема доступа: https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=262.

3. Коробейников С.М. Электрофизические процессы в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 116 с. Текст : электронный // «ZNANIUM.COM» : электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/read?id=225532> - Режим доступа: для авторизованных пользователей.

Дополнительная литература

1. Техника высоких напряжений: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Ф. Вазов [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 2.0 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m86.pdf>
2. Бортник И.М., Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов / И.М. Бортник и др.; под общ. ред. И.П. Верещагина - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-01017-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010174.html> . - Режим доступа : по подписке.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Персональный сайт преподавателя Кузнецовой Н.С. https://portal.tpu.ru/SHARED/n/NATALIA_KUZNETSOVA
2. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Профессиональные базы данных и информационно- справочные системы доступны по ссылке <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 312	Тумба стационарная - 1 шт.; Шкаф для документов - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 38 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий	Измеритель тангенса угла диэлектрических потерь

всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 201	Тангенс-2000 - 1 шт.; ИОМ-100/25 Высоковольтный трансформатор тока - 1 шт.; Осциллограф цифровой запоминающий четырехканальный Tektronix - 1 шт.; Учебно-лабораторный стенд для изучения видов газовых разрядов при разных давлениях (закон Пашена) - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест
---	--

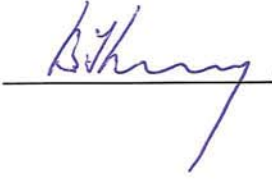
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Высоковольтная электротехника и силовоточная электроника (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент	Н.С. Кузнецова

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения материаловедения (протокол от «01» июля 2019г. №19/1).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения
на правах кафедры,
д.т.н., профессор

 / В.А. Клименов/