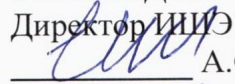


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

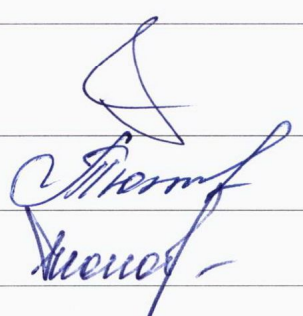
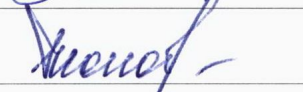
Директор ИИЭ

 А.С. Матвеев

« 19 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Физика диэлектрических материалов				
Направление подготовки/ специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника			
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электротехника			
Специализация	Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника			
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат			
Курс	4	семестр	8	
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3			
Виды учебной деятельности	Временной ресурс			
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		22	
	Практические занятия		11	
	Лабораторные занятия		22	
	ВСЕГО		55	
Самостоятельная работа, ч			53	
ИТОГО, ч			108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ ИШЭ
И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры			А.С. Ивашутенко
Руководитель ООП			П.В. Тютеева
Преподаватель			А.П. Леонов

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-5	Способен определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	Р11	ПК(У)-5.B2	Владеет навыками определения электрофизических свойств электроизоляционных материалов
			ПК(У)-5.У2	Умеет проводить анализ процессов протекающих в диэлектрических материалах в электроизоляционных системах
			ПК(У)-5.32	Знает физическую сущность явлений и процессов в диэлектрических материалах

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части (Вариативный междисциплинарный профессиональный модуль) учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания об общих закономерностях электрических и физических процессов, происходящих в диэлектрических материалах под воздействием электрического поля.	ПК(У)-5.B2
РД 2	Уметь анализировать электрофизические процессы, протекающие в диэлектриком в электромагнитных и тепловых полях.	ПК(У)-5.У2
РД 3	Знать теории пробоя диэлектриков.	ПК(У)-5.32

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. Основные физические свойства диэлектриков	РД 1-РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. Поляризация и электропроводность диэлектриков	РД 1-РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	14
Раздел 3. Диэлектрические потери в диэлектриках	РД 1-РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	14
Раздел 4. Пробой диэлектриков	РД 1-РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	14

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные физические свойства диэлектриков

Классификация диэлектриков по видам связи. Различия между диэлектриками, полупроводниками и проводниками. Особенности строения и физические состояния. Виды поляризации. Поляризуемость. Диэлектрическая проницаемость. Диэлектрическая восприимчивость. Внутреннее поле, среднее макроскопическое поле, действующее поле в диэлектрике. Поле Лорентца. Связь между поляризацией и поверхностной плотностью зарядов. Поляризация на постоянном напряжении. Электретное состояние диэлектриков.

Темы лекций:

1. Основные физические свойства и классификация диэлектриков
2. Особенности строения и физические состояния диэлектриков.

Темы практических занятий:

1. Анализ влияния структуры на свойства диэлектриков.

Лабораторные работы:

1. Исследование температурной зависимости электропроводности твердых диэлектриков.

Раздел 2. Поляризация и электропроводность диэлектриков.

Диэлектрическая проницаемость газов и паров жидкостей. Связь диэлектрической проницаемости с коэффициентом преломления света. Влияние на диэлектрическую проницаемость газов температуры, давления. Уравнение Клаузиуса-Моссоти. Удельная поляризация, молярная поляризация, рефракция.

Поляризуемость. Время установления электронной поляризации. Электронная поляризация в жидких и твердых диэлектриках. Влияние температуры и частоты приложенного электрического поля на диэлектрическую проницаемость жидких и твердых диэлектриков.

Электрический момент полярной молекулы. Дипольная упругая и дипольно-релаксационная поляризация. Уравнение Клаузиуса-Моссоти для паров полярных жидкостей и полярных газов. Поляризуемость жидких полярных диэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости полярных жидких и твердых диэлектриков от частоты электрического поля и температуры. Ионная упругая и ионно-релаксационная поляризация. Время установления ионной поляризации. Поляризация твердых ионных диэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости ионных диэлектриков от внешних факторов. Сущность явления миграционной поляризации, отличие ее от ионно-релаксационной поляризации.

Общие представления о резонансной поляризации, причины ее возникновения в различных видах диэлектриков.

Сегнетодиэлектрики, особенности их строения и структуры. Сущность явления спонтанной поляризации. Электрический момент доменов. Сегнетоэлектрические свойства титана бария. Причина высоких значений диэлектрической проницаемости сегнетодиэлектриков.

Сущность явления электропроводности диэлектриков. Плотность тока в газе при малых напряженностях электрического поля. Вольтамперная характеристика газов. Виды электропроводности жидких диэлектриков. Собственная и примесная электропроводность. Роль теплового и электрического полей в электропроводности жидких диэлектриков. Правило Вильдена. Зависимость электропроводности жидких диэлектриков от температуры. Виды электропроводности твердых диэлектриков. Экспериментальные методы определения вида электропроводности в твердых диэлектриках (эффект Холла, закон Фарадея).

Зависимость электропроводности твердых диэлектриков от температуры. Энергия активации заряда. Электропроводность ионных кристаллов. Дефекты по Шоттки и по Френкелю и их влияние на электропроводность.

Причины спадания тока со временем. Ток абсорбции и ток сквозной проводимости. Истинная электропроводность твердых диэлектриков. Электропроводность полимерных диэлектриков. Особенности температурной зависимости электропроводности полимеров.

Особенности электропроводности диэлектриков в сильных электрических полях. Закон Пуля, закон Френкеля. Электронная электропроводность в области предпробивных напряженностей электрического поля. Инжекционные токи в твердых телах.

Темы лекций:

1. Поляризация диэлектриков.
2. Электропроводность твердых, жидких и газообразных диэлектриков.
3. Влияние внешних факторов на поляризацию и электропроводность диэлектриков.

Темы практических занятий:

1. Анализ влияния полярности на электрофизические свойства диэлектриков
2. Анализ зависимости электропроводности диэлектриков от внешних энергетических воздействий

Названия лабораторных работ:

1. Исследование процессов поляризации в твердых полярных диэлектриках. Влияние температуры на диэлектрическую проницаемость.
2. Исследование процессов поляризации в ионных диэлектриках.
3. Исследование влияния частоты на поляризацию твердых диэлектриков.

Раздел 3. Диэлектрические потери в диэлектриках.

Понятие о диэлектрических потерях. Схемы замещения диэлектриков. Активная и реактивная составляющие тока на переменном напряжении. Тангенс угла диэлектрических потерь. Удельные диэлектрические потери.

Использование принципа суперпозиции токов для расчета тангенса угла диэлектрических потерь. Аналитическое выражение зависимости тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости полярных и неполярных диэлектриков от частоты электрического поля и температуры. Диэлектрические потери в полярных жидких диэлектриках. Теория Дебая. Методы анализа экспериментальных данных по диэлектрическим потерям в полярных, неполярных и ионных диэлектриках. Релаксационные потери в твердых диэлектриках. Энергия активации диэлектрической релаксации. Особенности проявления диэлектрических потерь в полимерных диэлектриках. Расчет спектра времен релаксации по диаграммам Коула-Коула.

Темы лекций:

1. Диэлектрические потери.
2. Влияние внешних факторов на диэлектрические потери.
3. Особенности проявления диэлектрических потерь в полимерных диэлектриках.

Темы практических занятий:

1. Анализ влияния структуры на диэлектрические потери
2. Анализ методов анализа экспериментальных данных по диэлектрическим потерям в полярных, неполярных и ионных диэлектриках.

Название лабораторных работ:

1. Изучение температурно-частотной зависимости тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости твердых диэлектриков.
2. Изучение температурно-частотной зависимости тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости полярных твердых диэлектриков.

Раздел 4. Пробой диэлектриков.

Теория пробоя в газах Таунсенда. Стримерная теория пробоя. Пробой газов в зависимости от давления и его химического состава. Закон Пашена. Зависимость пробивного напряжения газов от частоты электрического поля. Резонансная теория пробоя газов.

Виды пробоя жидких диэлектриков. Механизм пробоя жидких диэлектриков по Геманту, Флоренскому, Волькенштейну. Вольтализационная теория пробоя жидких диэлектриков. Зависимость электрической прочности жидких диэлектриков, содержащих влагу и газообразные включения, от температуры и давления.

Виды пробоя твердых диэлектриков. Зависимость электрической прочности твердых диэлектриков от температуры, толщины диэлектриков, времени приложения напряжения, площади электродов при различных видах пробоя.

Электротепловой пробой твердых диэлектриков. Теории Вагнера, Фока. Оценка значения пробивного напряжения твердых диэлектриков.

Электрический пробой твердых диэлектриков. Теории электрического пробоя твердых диэлектриков, основанные на принципах классической физики. Теории Роговского, Грифица. Ударная термическая и электростатическая ионизация в твердых диэлектриках. Теории Иоффе, Смурова, Френкеля, Хиппеля, Фрелиха, Чуенкова, Воробьева и Завадовской. Энергетический анализ импульсной электрической прочности твердых диэлектриков по Вершинину. Электрический пробой полимерных диэлектриков. Особенности зависимости

электрической прочности полимеров от температуры. Теория Артбауэра, Старка и Гартона.

Электрическое старение твердых диэлектриков. Работа Койкова, Дмитриевского, Ильченко по исследованию процесса пробоя в твердых диэлектриках при длительном воздействии электрического поля высокой напряженности.

Темы лекций:

1. Теория пробоя в газах.
2. Виды пробоя жидких диэлектриков.
3. Виды пробоя твердых диэлектриков.

Темы практических занятий:

1. Анализ процессов электрического старения твердых диэлектриков.

Лабораторные работы:

1. Изучение зависимости электрической прочности жидких диэлектриков от температуры.
2. Изучение зависимости электрической прочности твердых диэлектриков от температуры
3. Исследование характеристик частичных разрядов твердых диэлектриков с пористой структурой.

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;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Дудкин А. Н. Электротехническое материаловедение: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Н. Дудкин, В. С. Ким. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 200 с. — Книга из коллекции Лань – Инженерно-технические науки. — ISBN 978-5-8114-5296-5. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/139259> (дата обращения: 26.06.2020).
2. Тимохин В.М. Термоактивационная и диэлектрическая спектроскопия кристаллических материалов. Протонный транспорт: учебное пособие/ Тимохин В.М. Национальный исследовательский технологический университет. – Москва: Изд-во: МИСИС, 2013 – 258 с. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/LANBOOK%5C47469>

Дополнительная литература

1. Любимов, Юрий Анатольевич. Очерки по истории электромагнетизма и диэлектриков : учебное пособие / Ю. А. Любимов. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 376 с.: ил.. — Физика. — Библиогр.: с. 368-369.. — ISBN 978-5-94774-329-6. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C156656>

2. Похолков, Юрий Петрович. Физика диэлектриков (область слабых и сильных полей) : лабораторный практикум / Ю. П. Похолков, В. И. Меркулов, А. В. Петров; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — 132 с.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C55742>
3. Тареев, Борис Михайлович. Физика диэлектрических материалов : учебное пособие / Б. М. Тареев. — Москва: Энергоиздат, 1982. — 320 с..
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C33883>
4. Козлов, Николай Андреевич. Теплофизические, электрические и механические свойства полимеров : 1981 / Н. А. Козлов; Владимирский политехнический институт (ВПИ). — Владимир: Б. и., 1981. — 60 с.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C142695>
5. Кучинский Г.С. и др. Изоляция установок высокого напряжения. - М.: Энергоатомиздат, 1987. — 368 с. Воробьев Г.А. Физика диэлектриков (область сильных полей) : учебное пособие / Г. А. Воробьев [и др.]; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — 244 с.: ил.. — Учебники Томского политехнического университета. — Библиогр.: с. 239-240.. — ISBN 5-98298-097-0.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C70923>
6. Беломестных В.Н. Упругие и акустические свойства ионных, керамических диэлектриков и высокотемпературных сверхпроводников / В. Н. Беломестных [и др.]; Томский политехнический университет. — Томск: STT, 2001. — 223 с.: ил.. — Библиогр.: с. 212-223.. — ISBN 5-93629-066-2.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C38458>

6.2. Информационное и программное обеспечение

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**):

1. Adobe Acrobat Reader DC;
2. Document Foundation LibreOffice;
3. Google Chrome;
4. PTC Mathcad 15 Academic Floating;
5. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
6. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
7. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования,	Установка для измерения сегнетоэлектриков - 1 шт.; Прецизионный измеритель GW Instek LCR-7829 - 1 шт.; Осциллограф С 1-107 - 1 шт.; Осциллограф С 1-68 - 2 шт.; Вольтметр В7-30 - 1 шт.; Осциллограф С1-68 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Шкаф для

	консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 227	документов - 2 шт.;Тумба подкатная - 1 шт.;Стол лабораторный - 11 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7 126	Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 326	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 44 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 329	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электротехника» по специализации «Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника» направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (прием 2017 г., очная форма)

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Доцент ОЭЭ		А.П. Леонов

Программа одобрена на заседании кафедры Электротехнические комплексы и материалы ЭНИН (протокол от 23.06.2017 г. № 71).

И.о. заведующего кафедрой –
руководителя отделения
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ
к.т.н., доцент

 /А.С. Ивашутенко/

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ ИШЭ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем	от 22.06.2018 г. № 7
2018/2019 учебный год	1. Изменена система оценивания	от 27.08.2018 г. № 4/1
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 27.06.2019 г. № 6
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание дисциплины 4. Обновлен список литературы	от 25.06.2020 г. № 6