

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
**(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**факультативной дисциплины**

**Электрофизические процессы в диэлектриках**

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2019

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является: способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретические и экспериментальные исследования при решении профессиональных задач; способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

Основными задачами являются следующие: изучить электрофизические процессы, протекающие в диэлектриках при воздействии электрического поля; ознакомиться с основными методами экспериментального исследования и теоретического расчета основных параметров диэлектрических материалов.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные</b>			
1.	ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретические и экспериментальные исследования при решении профессиональных задач.	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> электрофизические процессы протекающие в диэлектриках при воздействии электрического поля. <b>Уметь:</b> применять физико-математический аппарат для определения основных параметров электроразрядных процессов, выбирать оптимальные условия надежного функционирования изоляции электрооборудования. <b>Владеть:</b> методиками выполнения расчетов и экспериментальных исследований электрофизических параметров электроизоляционных материалов.
<b>Профессиональные</b>			
2.	ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.	В результате освоения дисциплины обучающийся должен <b>Знать:</b> основные методы экспериментального исследования и теоретического расчета основных параметров диэлектрических материалов. <b>Уметь:</b> работать с нормативно-технической литературой, оценивать надёжность электрической изоляции. <b>Владеть:</b> методами определения срока службы изоляционных конструкций.

### 3. ОБЪЕМ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость составляет 2 зач. единиц, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины, час	72
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	34
лекции	17
лабораторные	-
практические	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	38
Курсовой проект	-
Курсовая работа	-
Расчетно-графическое задание	-
Индивидуальное домашнее задание	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	38
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Зачет

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.</b>					
1.1	Понятие о диэлектриках. Изоляционный материал, изолятор, диэлектрический материал, электрическая изоляция. Виды диэлектриков. Классификация диэлектриков. Полярные и неполярные диэлектрики. Значение электроизоляционных и диэлектрических материалов. Возможности их использования.	2			1
1.2	Особенности структуры и движения частиц в газообразных, жидких и твердых диэлектриках.	-			1
<b>2. Поляризация диэлектриков</b>					
2.1	Физическая сущность поляризации диэлектриков. Электрические поля в поляризованном диэлектрике. Поле внутри диэлектрика. Диэлектрическая проницаемость. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Уравнения диэлектрической поляризации. Уравнение Клаузиуса – Мосотти.	2	2		3
2.2	Виды поляризованных диэлектриков. Электронная и ионная поляризация. Релаксационные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости газообразных, жидких и твердых диэлектриков от внешних факторов.	-	2		3
<b>3. Электропроводность диэлектриков</b>					

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
3.1	Объемная и поверхностная проводимость. Токи смещения, абсорбции и сквозной проводимости. Зависимость электропроводности диэлектриков от температуры. Температурный коэффициент удельного сопротивления диэлектриков. Подвижность ионов, плотность тока.	2	1		2
3.2	Электропроводность газообразных диэлектриков. Зависимость плотности тока от напряженности электрического поля. Ионизация газа.	-	2		2
3.3	Электропроводность жидких диэлектриков. Ионная проводимость. Электрофоретическая проводимость. Зависимость плотности тока и удельной электропроводности от напряженности электрического поля. Поведение коллоидных частиц	2	1		3
3.4	Основные виды проводимости твердых диэлектриков. Основные влияющие факторы на проводимость диэлектриков. Зависимость плотности тока и удельной электропроводности от напряженности электрического поля. Электропроводность полимерных диэлектриков.	-	1		2
<b>4. Диэлектрические потери</b>					
4.1	Основные понятия. Тангенс угла диэлектрических потерь. Эквивалентные схемы замещения диэлектрика с потерями. Виды диэлектрических потерь.	2	1		2
4.2	Диэлектрические потери в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. Влияние температуры и частоты на потери в диэлектрике.	2	1		2
<b>5. Пробой диэлектриков</b>					
5.1	Электрофизические процессы в газах. Основные понятия. Электрический разряд в газах: лавинная, стримерная, лидерная формы разрядов, условие самостоятельности разряда, разрядные напряжения промежутков в газе.	2	1		3
5.2	Факторы, влияющие на разрядные напряжения газовых промежутков. Коронный разряд, разряд в вакууме. Разряд в газе по поверхности твердого диэлектрика.	2			
5.3	Электрофизические процессы в жидких диэлектриках. Пробой в жидкости и влияющие параметры. Механизмы разряда в жидкости. Разряд в жидкости по поверхности твердого диэлектрика. Повышение пробивного напряжения жидких диэлектриков в электроустановках.	-	1		3
5.4	Электрофизические процессы в твердых диэлектриках. Стадии и механизмы пробоя твердых диэлектриков. Тепловой пробой. Развитие пробоя во времени. Электрический пробой. Электрохимический пробой.	2	1		3
5.5	Влияние строения твердых диэлектриков и внешних условий на электрическую прочность. Профилактическое испытание изоляции повышенным напряжением.	-	1		2
<b>6. Механические и физико-химические свойства диэлектриков</b>					
6.1	Механические свойства. Влажностные свойства. Тепловые свойства. Химические свойства диэлектриков.	-			2
6.2	Старение диэлектриков. Старение под действием ионизационных процессов. Старение под действием тепловых процессов,	2	2		4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	протекающих в порах изоляции, заполненной влагой. Частичные разряды. Влияние увлажнения и загрязнения поверхности изоляции. Старение под действием электролитических процессов.				
ВСЕГО		17	17		38

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	1. Понятие изоляционный материал, изолятор, диэлектрический материал, электрическая изоляция. 2. Классификация диэлектриков. 3. Полярные и неполярные диэлектрики. 4. Назначение электроизоляционных и диэлектрических материалов, возможности их применения.
2	Поляризация диэлектриков	5. Какими параметрами характеризуется поляризация диэлектриков. 6. Виды поляризации и их особенности. 7. Зависимость диэлектрической проницаемости различных материалов от температуры и частоты. 8. Уравнения диэлектрической поляризации.
3	Электропроводность диэлектриков	9. Чем вызван сквозной ток утечки через диэлектрик, и какой характер он носит. 10. Токи абсорбции и токи смещения, коэффициент абсорбции. 11. Как измеряют сопротивление изоляции. Объемное и поверхностное удельные сопротивления изоляции. 12. Напряжение саморазряда изоляции и постоянная времени саморазряда. Самостоятельная и несамостоятельная проводимость газа. 13. Нормы изоляции.
4	Диэлектрические потери	14. Виды потерь в электроизоляционных материалах. 15. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры и частоты для различных диэлектриков. 16. Схемы замещения диэлектрика с потерями.
5	Пробой диэлектриков	17. Понятия пробивного напряжения и электрической прочности диэлектрика. 18. Механизмы пробоя диэлектрика. 19. Ударная ионизация. Что такое стример. 20. Зависимость электрической прочности воздуха от температуры и давления. 21. Зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами. 22. Отличие пробоя в однородном и неоднородном

		<p>электрическом поле.</p> <p>23. Влияние полярности электродов в неоднородном поле на величину пробивного напряжения.</p> <p>24. Вольтсекундная характеристика газового промежутка.</p> <p>25. Механизм электротеплового пробоя.</p>
6	Механические и физико-химические свойства диэлектриков	<p>26. Механические свойства, влажностные свойства, тепловые свойства и химические свойства диэлектриков.</p> <p>27. Электрическое старение изоляции.</p> <p>28. Влияние частичных разрядов на старение изоляции.</p> <p>29. Тепловое и механическое старение изоляции.</p> <p>30. Влияние увлажнения изоляции на её свойства.</p>

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Коробейников С.М. Электрофизические процессы в газообразных, жидких и твердых диэлектриках [Электронный ресурс]: учебн. пособие. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 116с. – Режим доступа - ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/45208.html>.
2. Харченко А.Ф. Техника высоких напряжений. Изоляция устройств электроснабжения железных дорог [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – М.: ФГБОУ “учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте”, 2013. -190с. - Режим доступа <http://www.iprbookshop.ru/366.html>- ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Титков В.В. Физические основы техники высоких напряжений, сильных магнитных полей и токов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Титков. – СПб.: Изд-во Политехн. ун – та, 2011. – 185с. - Режим доступа <http://www.iprbookshop.ru/43983.html>- ЭБС «IPRbooks», по паролю.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

4. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы [Электронный ресурс]: учебн. пособие. – М.: Маршрут, 2005. – 280с. - Режим доступа - ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/16281.html>.
5. Диденко И.С. Физика диэлектриков [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / И.С. Диденко, К.В. Закутайлов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56181.html>

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. <http://www.energoboard.ru/articles/1208-vibratsiya-i-plyaska-provodov-na-vozdushnyh-liniyah-elektroperedachi.html> Вибрация и пляска проводов на воздушных линиях электропередачи.
2. <http://sermir.narod.ru/tryd/Posob/Index.htm> Коробейников С.М. Учебное пособие по диэлектрическим материалам. НГТУ.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории оснащенной презентационной техникой (проектор, интерактивная доска).

На практических занятиях изучаются приборы для испытания трансформаторного масла на электрический пробой АИМ -70 и АИМ – 90, прибор для определения температуры вспышки паров жидких диэлектриков

ТВ-1. Измерение сопротивления изоляции выполняется мегаомметром М1101М.

Ионизационные процессы в газах изучаются с помощью бытового ионизатора “Ароион-25”, ионизатора-электрофильтра “Сreen Nara 10” модель: СР-10В и счетчик аэроионов МАС-01. Для измерения напряженности электрического поля используется широкополосный измеритель электрического поля “С.А. 43 (Chauvin frnoux)”.

После завершения теоретического курса проводится экскурсия в ПАО “МРСК Центра”-“Белгородэнерго” с посещением испытательной лаборатории электроизоляционных материалов с целью практического знакомства с высоковольтным оборудованием, способами очистки и определением показателей качества трансформаторного масла, а также методами испытания средств защиты, используемых в электроустановках.

Для выполнения расчетно-графического задания студенты используют программное обеспечение:

- Solidworks 2012 - № дог. L101212-83М
- Microsoft Office 2013- № дог. 31401445414
- Microsoft Windows 7 - № дог. 63-14к
- Mathcad 14.0, - № дог. 2480616

Самостоятельная работа студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а также участием в программе Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft, в том числе Microsoft.

Составитель

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О)