

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого
_____ О.Д.Асенчик

07.07.2020

Регистрационный № УД-55-80/уч.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»

2020

Учебная программа составлена на основе:

- образовательного стандарта специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», рег. № ОСВО 1-43 01 02-2013;
- учебного плана первой ступени высшего образования специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», рег. № I-43-1-08/уч. от 21.05.2018.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Д.И. Зализный, доцент кафедры «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Н. Петренко, начальник производственной лаборатории диагностики энергооборудования и качества электроэнергии филиала Госэнергогазнадзор по гомельской области;

А.В. Шаповалов, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 11 от 29.04.2020);

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 8 от 26.05.2020; рег. № УДэф-07-19/уч.)

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 25.06.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электротехническое материаловедение – важнейший раздел для специальностей энергетического профиля. Характеристики и области применения оборудования в системах электроснабжения зависят, в основном, от применяемых в нём материалов. Это необходимо учитывать как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем электроснабжения.

Цель изучения дисциплины - научить студентов в процессе проектирования и эксплуатации систем электроснабжения любых классов напряжения осуществлять правильный выбор и грамотное использование электротехнических материалов.

Задачами дисциплины являются:

- изучение физических процессов в электротехнических материалах;
- изучение разновидностей электротехнических материалов;
- изучение характеристик электротехнических материалов;
- изучение особенностей эксплуатации электротехнических материалов.

Учебная дисциплина «Конструкционные и электротехнические материалы» взаимосвязана с такими учебными дисциплинами как «Физика», «Теоретические основы электротехники».

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- основные физические явления в диэлектриках, проводниках, полупроводниках и магнитных материалах;
- разновидности диэлектриков, проводников, полупроводников и магнитных материалов;
- характеристики диэлектриков, проводников, полупроводников и магнитных материалов;
- особенности эксплуатации диэлектриков, проводников, полупроводников и магнитных материалов;

должен **уметь**:

- проводить испытания электротехнических материалов;
- находить параметры электротехнических материалов в справочной литературе;

должен **владеть**:

навыками эксплуатации современных измерительных приборов для испытаний электротехнических материалов.

В рамках учебной программы требуются следующие академические, социально-личностные и профессиональные компетенции:

АК-1: уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-2: владеть системным и сравнительным анализом;

АК-3: владеть исследовательскими навыками;

АК-4: уметь работать самостоятельно;

АК-6: владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

АК-7: иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

СЛК-6: уметь работать в команде;

ПК-17: используя показания технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, создавать условия для соответствия режимов действующим стандартам;

ПК-18: на основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины неоптимальности технологического процесса производства, передачи и распределения электроэнергии.

ПК-30: выявлять причины повреждений элементов электрических сетей.

Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом университета по специальности, трудоёмкость учебной дисциплины, выраженная в зачётных единицах:

Специальность	Всего часов	Ауд. часов	Зачётных ед.
1-43 01 02, дневная форма	80	48	2

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Курс: 3

Семестр: 5

Лекции: 32 часа

Лабораторные занятия: 16 часов

Всего аудиторных занятий: 48 часов

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:

зачёт в 5 семестре

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Модуль 1. Физические свойства электротехнических материалов

Тема 1. Общие свойства электротехнических материалов

Классификация электротехнических материалов по агрегатному состоянию, по характеру взаимодействия с электрическим и магнитным полем, по внутренней структуре.

Зонная теория электропроводности твёрдых материалов. Валентные, запрещённые и проводящие зоны энергии кристаллов. Природа электропроводности проводниковых материалов.

Актуальные проблемы при эксплуатации электротехнических материалов.

Тема 2. Поляризация диэлектриков

Электрический диполь. Поляризация диэлектрика: определение. Представление поляризованного диэлектрика в виде заряженного конденсатора. Относительная диэлектрическая проницаемость: определение и физический смысл. Поляризованность: определение. Абсолютная диэлектрическая проницаемость. Основные типы поляризации диэлектриков: классификация. Время релаксации. Механизмы протекания электронной, ионной, дипольно-релаксационной, электронно-релаксационной, ионно-релаксационной и миграционной поляризаций. Электрическая схема замещения диэлектрика.

Тема 3. Электропроводность диэлектриков

Составляющие тока утечки диэлектрика: ток абсорбции и сквозной ток. Коэффициент абсорбции и способы его измерения. Удельные сопротивления диэлектрика: объемное и поверхностное. Зависимость удельного сопротивления диэлектрика от температуры и влажности окружающей среды. Особенности электропроводности твердых, жидких и газообразных диэлектриков. Диэлектрические потери: определение. Упрощенные схемы замещения диэлектрика. Векторные диаграммы токов и напряжений в диэлектрике. Тангенс угла диэлектрических потерь. Диэлектрические потери в постоянном и переменном электрических полях: особенности возникновения.

Тема 4. Электрический пробой диэлектриков

Пробой диэлектрика: определение. Пробивное напряжение и электрическая прочность диэлектрика. Виды электрических пробоев твердых диэлектриков: электронный, электротепловой и электрохимический. Механизмы протекания электрических пробоев твердых диэлектриков. Механизмы пробоя жидких диэлектриков. Пробой газообразных диэлектриков: механизмы ионизации, стример. Особенности пробоя в постоянном и переменном, а также однородном и неоднородном электрических полях.

Тема 5. Физические характеристики диэлектриков

Влажностные свойства диэлектриков: гигроскопичность, влагопроницаемость. Методы определения влажности материалов. Процессы сушки диэлектриков.

Тепловые свойства диэлектриков. Нагревостойкость диэлектрика. Способы оценки нагревостойкости. Температуры вспышки и воспламенения жидких диэлектриков. Тепловое старение диэлектрика. Закон Аррениуса. Шести и восьмиградусные правила. Классы изоляции по нагревостойкости. Холодостойкость, теплопроводность и удельная теплоемкость диэлектриков.

Модуль 2. Электроизоляционные материалы

Тема 6. Твёрдые полимерные электроизоляционные материалы

Органические полимеры: типы и основные характеристики. Термопластичные и термореактивные материалы. Пластические массы: получение, характеристики. Пластические массы на основе поливинилхлорида, полиэтилена, фторопласта, и других полимеров. Особенности получения и характеристики сшитого полиэтилена. Волокнистые электроизоляционные материалы: типы и основные характеристики. Свойства и области применения в энергетике дерева, бумаги, электрокартона. Области применения изоляционных материалов из лавокотканей. Слоистые пластики: гетинакс, текстолит и стеклотекстолит. Электротехнические резины: классификация, получение, основные характеристики, области применения.

Тема 7. Твёрдые неорганические электроизоляционные материалы

Электротехнические стёкла: классификация, основные характеристики и области применения. Электрокерамика: свойства и методы изготовления фарфоровых изоляторов. Слюда и слюдяные материалы: классификация, основные характеристики и области применения. Асбест и асбестовые материалы.

Тема 8. Жидкие электроизоляционные материалы

Нефтяные электроизоляционные масла: классификация, получение, эксплуатация, сушка, очистка, регенерация.

Электроизоляционные лаки, эмали, компаунды, клеи. Области применения жидких электроизоляционных материалов.

Тема 9. Газообразные электроизоляционные материалы

Сравнительная характеристика газообразных электроизоляционных материалов: воздуха, азота, кислорода, водорода, угольного ангидрида, метана, элегаза, гелия, неона. Области применения газообразных электроизоляционных материалов.

Модуль 3. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы

Тема 10. Проводниковые и сверхпроводниковые материалы

Дифференциальная форма закона Ома. Зависимость сопротивления проводника от температуры. Температурный коэффициент удельного сопротивления. Явление скин-эффекта. Явление термоЭДС.

Материалы высокой проводимости: медь, алюминий и железо (сталь). Сравнительная характеристика меди, алюминия и железа. Физика процессов контакта медь – алюминий. Сплавы меди и алюминия. Характеристики и области применения стальных проводников. Вольфрам, олово и свинец: характеристики и области применения.

Характеристики и области применения сплавов высокого сопротивления.

Явление сверхпроводимости. Условия сверхпроводящего перехода. Перспективы применения сверхпроводниковых материалов в электротехнике: сверхпроводниковые линии электропередачи, трансформаторы, генераторы, магниты.

Тема 11. Полупроводниковые материалы

Полупроводники электронной и дырочной электропроводности. Собственные и примесные полупроводники, доноры и акцепторы. Зависимость сопротивления полупроводника от температуры и внешнего излучения. Термисторы. Эффекты Холла и Пельтье. Применение полупроводников в электронике, *p-n* переход.

Тема 12. Магнитные материалы

Классификация магнитных материалов. Основные характеристики магнитных материалов. Диамагнетики и парамагнетики.

Строение ферромагнитных материалов. Магнитные домены. Протекание процессов намагничивания ферромагнитного материала. Магнитный гистерезис. Относительная магнитная проницаемость. Зависимость магнитной проницаемости от температуры. Тепловые потери энергии ферромагнетика. Магнитомягкие материалы: железо, электротехническая сталь, пермаллой, альсиферы, ферриты. Магнитотвёрдые материалы. Области применения магнитных материалов в электротехнике.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Общие свойства электротехнических материалов	2						Тест
2.	Поляризация диэлектриков	3						Тест
3.	Электропроводность диэлектриков	3			3			Тест защита л/р
4.	Электрический пробой диэлектриков	2			5			Тест защита л/р
5.	Физические характеристики диэлектриков	2			2			Тест защита л/р
6.	Твёрдые полимерные электроизоляционные материалы	4						Тест
7.	Твёрдые неорганические электроизоляционные материалы	2						Тест
8.	Жидкие электроизоляционные материалы	2			2			Тест, защита л/р
9.	Газообразные электроизоляционные материалы	2						Тест
10.	Проводниковые и сверхпроводниковые материалы	4			2			Тест
11.	Полупроводниковые материалы	2			2			Тест, защита л/р
12.	Магнитные материалы	4						Тест, зачёт
Итого		32			16			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. - 7-е изд.. - Ленинград : Энергоатомиздат, 1985. - 304 с.
2. Электротехнические и конструкционные материалы / В. Н. Бородулин [и др.] ; под общ. ред. В. А. Филикова. - 2-е изд.. - Москва : Академия, 2005.
3. Привалов, Е.Е. Электротехнические материалы систем электроснабжения : учебное пособие / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 266 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436753> (дата обращения: 13.07.2020).
4. Конструкционные электротехнические материалы : учебное пособие / В.П. Горелов, С.В. Горелов, В.С. Горелов, Е.А. Григорьев ; под ред. В.П. Горелова. – 5-е изд., стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 341 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445841> (дата обращения: 13.07.2020).

Дополнительная литература

1. Электротехнические материалы : справочник / В. Б. Березин [и др.]. - 3-е изд.. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 504 с.
2. Алиев, И. И. Электротехнические материалы и изделия : справочник / И. И. Алиев . - Изд. 2-е, испр.. - Москва : РадиоСофт, 2007. - 330 с.
3. Мишин, Д. Д. Магнитные материалы : учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Высшая школа, 1991. – 383 с.
4. Конструкционные и электротехнические материалы / В. Н. Бородулин [и др.] ; под ред. В. А. Филикова. - Москва : Высшая школа, 1990. - 295 с.
5. Преображенский, А. А. Магнитные материалы и элементы / А. А. Преображенский, Е. Г. Бишард. - 3-е изд.. - Москва : Высшая школа, 1986. – 352 с.

Электронные учебно-методические комплексы

1. Зализный, Д. И. Конструкционные и электротехнические материалы : электронный учебно-методический комплекс дисциплин / Д. И. Зализный, Г. О. Широков ; кафедра "Электроснабжение". - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013, <http://elib.gstu.by/handle/220612/2403>.
2. Электротехнические и конструкционные материалы : учебно-методический комплекс / [сост.: Ю. Н. Селюк, И. В. Довнар]. - Минск : БГАТУ, 2008. - 243 с.

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Исследование токов утечки диэлектриков.
2. Исследование электрической прочности воздуха в переменном электрическом поле.
3. Исследование электрической прочности воздуха в постоянном электрическом поле.
4. Исследование электрической прочности твёрдых диэлектриков.
5. Определение электрической прочности трансформаторного масла.
6. Определение диэлектрических параметров трансформаторного масла.
7. Исследование тепловых характеристик электротехнических материалов.

Вопросы к зачёту

1. Области применения и классификация конструкционных и электротехнических материалов. Роль конструкционных и электротехнических материалов в развитии энергетики.
2. Строение твёрдого тела. Кристаллическая решетка. Свойства кристаллов.
3. Зонная теория проводимости твёрдых тел. Природа возникновения электрического сопротивления.
4. Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость и ее физический смысл. Основные виды поляризации диэлектриков. Электрическая схема замещения диэлектрика.
5. Электропроводность диэлектриков. Составляющие тока утечки диэлектрика. Природа электропроводности твёрдых, жидких и газообразных диэлектриков.
6. Диэлектрические потери. Природа диэлектрических потерь в постоянном и переменном электрических полях. Угол диэлектрических потерь.
7. Электрический пробой твёрдых диэлектриков.
8. Электрический пробой жидких и газообразных диэлектриков.
9. Физико–химические и механические характеристики диэлектрических материалов.
10. Электроизоляционные полимеры: классификация, области применения в энергетике.
11. Электроизоляционные резины: классификация, области применения в энергетике.
12. Электроизоляционные нефтяные масла: получение, особенности эксплуатации, области применения в энергетике.
13. Лаки, эмали, компаунды, клеи: классификация, области применения в энергетике.
14. Волокнистые электроизоляционные материалы: классификация, области применения в энергетике.

15. Слюдяные электроизоляционные материалы: классификация, области применения в энергетике.

16. Электроизоляционные стекла: классификация, области применения в энергетике.

17. Газообразные диэлектрики: классификация, области применения в энергетике.

18. Проводниковые материалы: классификация. Физические основы электропроводности проводниковых материалов. Зависимость удельного сопротивления проводника от температуры.

19. Медь, алюминий, железо: сравнительные характеристики и области применения в энергетике.

20. Сверхпроводники: классификация. Явление сверхпроводимости материала. Перспективы применения сверхпроводниковых материалов в энергетике.

21. Проводниковые материалы со средним и высоким удельным сопротивлением: классификация, области применения в энергетике.

22. Полупроводниковые материалы: классификация. Физические основы электропроводности полупроводниковых материалов. Зависимость удельного сопротивления полупроводника от температуры, света и электрического поля.

23. Магнитные материалы: классификация. Процессы технического намагничивания ферромагнетика. Явление магнитного гистерезиса. Потери энергии в ферромагнетиках.

24. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Области применения магнитных материалов в электротехнике.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Основным средством, обеспечивающим самостоятельную работу студентов по дисциплине, является электронный курс, который должен быть доступен в сети Интернет.

Основные элементы электронного курса:

- тексты всех лекций в отдельных файлах;
- презентации по всем лекциям в отдельных файлах;
- тексты всех лабораторных работ в отдельных файлах;
- интерактивные тесты по всем лекциям;
- обучающие анимации по темам некоторых лекций;
- обучающие видеоролики по темам некоторых лекций.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

- Электронные интерактивные тесты в обучающей системе MOODLE.
- Список вопросов к контрольным тестам.
- Список вопросов к экзамену и зачёту.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Теоретические основы электротехники	Физика и электротехника	Согласовано: <hr/>	Принять, протокол № 9 от 30.04.2020

Библиотека ГГТУ ИМ.Д.С.Степанова