

**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 энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

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

« 11 »  2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  А.Н. Семернин

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 » сентября 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 11 » сентября 2016 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 16 » сентября 2016 г., протокол № 11

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А.Н. Семернин

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> физико-механические свойства и физико-математический аппарат, описывающие и характеризующие свойства электротехнических материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать электротехнические материалы по заданным свойствам, проводить экспериментальные исследования с целью определения эксплуатационных характеристик электротехнических материалов.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками выполнения расчетов и экспериментальных исследований физико-механических параметров электротехнических материалов.</p>
<b>Профессиональные</b>			
2	ПК-5	Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> характеристики электротехнических материалов используемых в электротехнике и электроэнергетике.</p> <p><b>Уметь:</b> оценивать изменение свойств материалов при воздействии на них различных эксплуатационных факторов и возможные отказы и отклонения в нормальной работе электротехнического оборудования.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью определять параметры электротехнических конструкций с учетом знаний о свойствах материалов образующих эти конструкции.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Высшая математика
2	Физика
3	Теоретическая механика
4	Химия
5	Общая энергетика
6	Теоретические основы электротехники
7	Экология

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электрические аппараты
2	Электрические машины
3	Электроника
4	Электроэнергетические системы и сети
5	Основы электропривода
6	Управление электромеханическими системами
7	Техника высоких напряжений
8	Электрофизические процессы в диэлектриках
9	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	131
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	77	77
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Э (36)	Э (36)

## 4.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ 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	Цель и задачи электротехнического материаловедения. Роль электротехнических материалов в электроэнергетике, электротехнике и радиоэлектронике. Классификация электротехнических материалов по различным признакам. Новые технологии в электротехническом материаловедении, интеллектуальные материалы. Кристаллические решетки металлов. Основные типы межатомной связи.	4	2	1	5
<b>2. Проводниковые материалы</b>					
1	Классификация проводниковых материалов. Физические процессы в металлических проводниках. Зависимость удельного сопротивления проводников от их строения и внешних факторов: удельное сопротивление металлических сплавов; влияние деформации на удельное сопротивление; влияние температуры на удельное сопротивление; влияние размеров проводника на удельное сопротивление; влияние частоты напряжения на сопротивление металлических проводников; эмиссионные и контактные явления в металлах.Тепловые свойства металлов: тепловое расширение; теплопроводность; теплоемкость.	6	2		5
2	Материалы высокой проводимости. Медь и её свойства. Марки меди. Влияние примеси на электротехнические свойства меди. Понятие “водородная болезнь” меди. Коррозионная стойкость меди. Зависимость допустимого тока нагрузки от сечения медного проводника. Сплавы на основе меди: латуни, бронзы. Их маркировка, состав и назначение.	4			2
3	Материалы высокой проводимости. Алюминий и его свойства. Сравнительные характеристики алюминиевых и медных. Марки алюминиевых проводников применяемых в электротехнике. Электрогальваническая коррозия в местах контакта медных и алюминиевых проводников. Сплавы на основе алюминия и их свойства.	2			1
4	Биметаллические проводники. Свойства, виды, применение. Материалы для подвижных контактов. Скользящие и разрывные контакты: свойства, области применения.	2			2
5	Сплавы высокого сопротивления. Манганин, константан, нихром: состав, свойства, назначение.	2			2
6	Сверхпроводниковые материалы. Факторы, влияющие на	2			2

	сверхпроводимость. Сверхпроводники первого, второго и третьего рода. Высокотемпературные сверхпроводники, области применения в энергетике.				
7	Классификация флюсов и припоев. Припои для высокотемпературной и низкотемпературной пайки. Нейтральные и кислотные флюсы.			4	4
3. Полупроводниковые материалы					
1	Общие сведения и классификация полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Электропроводность собственных полупроводников. Электропроводность примесных полупроводников.	2			2
2	Виды примесей в полупроводниках и их влияние на электропроводность: акцепторная, донорная, примесь замещения.	2			2
3	Зависимость удельной электропроводности полупроводников от температуры. Полупроводники с положительным и отрицательным температурным коэффициентом.	2			2
4. Диэлектрические материалы					
1	Поляризация диэлектриков. Диэлектрик в электрическом поле. Понятие относительной диэлектрической проницаемости. Классификация диэлектриков по величине диэлектрической проницаемости. Основные виды поляризации диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость газообразных, жидких и твердых диэлектриков. Композиционные материалы. Определение диэлектрической проницаемости композиционных материалов с помощью формулы Лихтенеккера.	2	8		10
2	Электропроводность диэлектриков. Сопротивление изоляции. Коэффициент абсорбции. Понятие объемной и поверхностной электропроводности. Электропроводность газов, жидкостей, твердых тел. Процесс саморазряда изоляции. Нормы изоляции. Методы измерения сопротивления изоляции. Сушка изоляции.	1	6		7
3	Диэлектрические потери. Векторные диаграммы и эквивалентные схемы диэлектрика с потерями. Виды диэлектрических потерь в электроизоляционных материалах. Диэлектрические потери в газообразных, жидких и твердых диэлектриках.	1	4		5
4	Пробой диэлектриков. Общая характеристика пробоя. Пробой газов. Зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами в однородном поле при промышленной частоте. Зависимость электрической прочности газа от давления. Пробой газа в неоднородном поле.		6		6
6	Старение изоляции. Электрическое старение. Тепловое старение. Механическое старение.		2		2
5. Магнитные материалы					
1	Диамagnetики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики и их свойства.	2		4	6

	Влияние свойств диамагнетиков, парамагнетиков и ферромагнетиков на свойства колебательного контура. Природа ферромагнетизма. Магнитная анизотропия.				
2	Прямой и обратный магнитострикционный эффект. Положительная и отрицательная магнитострикция. Применение магнитострикционного эффекта для получения ультразвука.			4	4
3	Механизм технического намагничивания ферромагнитного материала и магнитный гистерезис. Магнитная проницаемость. Магнитные потери.		2	4	6
4	Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Низкочастотные и высокочастотные магнитные материалы. Маркировка, характеристики, области применения.		2		2
	ВСЕГО	34	34	17	77

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №3				
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	Новые технологии в электротехническом материаловедении, интеллектуальные материалы.	2	2
2	Проводниковые материалы	Влияние температуры на удельное сопротивление проводника. Влияние толщины проводника на величину удельного сопротивления и температурный коэффициент удельного сопротивления.	2	2
3	Диэлектрические материалы	Понятие поляризации диэлектриков. Диэлектрик в электрическом поле. Вычисление поверхностной плотности зарядов на обкладках конденсатора и на поверхности диэлектрика. Поляризованность диэлектрика, вектор электрической индукции. Понятие частичного разряда. Решение задач.	4	8
4	Диэлектрические материалы	Мгновенные и замедленные виды поляризации диэлектриков. Эквивалентная схема технического диэлектрика. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры и частоты приложенного напряжения для газообразных, жидких и твердых диэлектриков. Решение задач.	2	
5	Диэлектрические материалы	Композиционные материалы. Определение диэлектрической проницаемости композиционных материалов с помощью формулы Лихтенеккера. Решение задач.	2	

6	Диэлектрические материалы	Электропроводность диэлектриков. Поляризационные токи и ток сквозной проводимости. Зависимость величины тока протекающего через диэлектрик от времени. Сопротивление изоляции. коэффициент абсорбции. Объемное и поверхностное сопротивление изоляции. Решение задач.	4	4
7	Диэлектрические материалы	Электропроводность газов, жидкостей и твердых тел. Процесс саморазряда изоляции. Нормы изоляции. Сушка изоляции. Решение задач.	2	2
8	Диэлектрические материалы	Диэлектрические потери. Векторные диаграммы и эквивалентные схемы диэлектрика с потерями. Мощность диэлектрических потерь. Удельные диэлектрические потери. Тангенс угла диэлектрических потерь. Добротность диэлектрика. Решение задач.	4	4
9	Диэлектрические материалы	Проой диэлектриков. Общая характеристика пробоя. Пробой газов. Зависимость электрической прочности воздуха от расстояния между электродами в однородном и неоднородном поле. Зависимость электрической прочности газа от давления. Решение задач.	4	4
10	Диэлектрические материалы	Пробой жидких и твердых диэлектриков. Зависимость электрической прочности трансформаторного масла от содержания воды и температуры. Виды пробоя твердых диэлектриков.	2	2
11	Диэлектрические материалы	Старение изоляции. Электрическое старение. Тепловое старение. Механическое старение. Решение задач.	2	2
12	Магнитные материалы	Основная кривая намагничивания магнитных материалов. Петля гистерезиса. Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов и её зависимость от напряженности магнитного поля. Магнитные потери. Решение задач.	2	2
13	Магнитные материалы	Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Низкочастотные и высокочастотные магнитные материалы. Маркировка, характеристики, области применения.	2	2
ИТОГО:			34	34



### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №3				
1	Магнитные материалы	Изучение магнитострикционного эффекта и его использование для получения ультразвука.	4	4
3	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения. Магнитные материалы.	Исследование влияния материала сердечника катушки индуктивности на характеристики колебательного контура.	5	5
4	Проводниковые материалы	Изучение флюсов и припоев.	4	4
5	Магнитные материалы	Исследование свойств магнитных материалов с помощью осциллографа и звукового генератора.	4	4
ИТОГО:			17	17

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

#### 5.1.1. Перечень контрольных вопросов по разделам дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электротехнический материал. Общие понятия и определения. Требования, предъявляемые к электротехническим материалам.</li> <li>2. Классификация электротехнических материалов по величине запрещенной зоны и удельному сопротивлению.</li> <li>3. Классификация электротехнических материалов по поведению в магнитном поле.</li> <li>4. Кристаллические решетки металлов. Основные типы межатомной связи.</li> </ol>
2	Проводниковые материалы	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Удельная электропроводность металлов. Влияние примеси на удельное сопротивление.</li> <li>6. Зависимость между свойствами сплавов (удельное сопротивление, твердость) и их диаграммами состояния.</li> <li>7. Влияние деформации на удельное сопротивление.</li> <li>8. Влияние температуры на удельное сопротивление металлов.</li> <li>9. Влияние размеров проводника на удельное сопротивление</li> <li>10. Влияние частоты напряжения на сопротивление металлических проводников.</li> <li>11. Эмиссионные и контактные явления в металлах.</li> <li>12. Тепловые свойства металлов. Тепловое расширение.</li> <li>13. Тепловые свойства металлов. Теплопроводность.</li> <li>14. Тепловые свойства металлов. Теплоемкость.</li> </ol>

		<p>15. Влияние примесей на физические свойства меди.  16. “Водородная болезнь” меди.  17. Коррозионная стойкость меди.  18. Бронзы. Состав, свойства, область применения в электротехнике.  19. Латунни. Состав, свойства, область применения в электротехнике.  20. Алюминий. Сравнительная характеристика алюминиевых и медных проводников. Гальваническая коррозия контакта Al и Cu.  21. Электротехнические сплавы алюминия. Состав, свойства, применение.  22. Биметаллические проводники. Назначение, свойства, применение.  23. Сверхпроводники. Влияние внешних факторов на сверхпроводимость.  24. Сверхпроводники I-го и II-го рода. Свойства, диаграммы состояния.  25. Сверхпроводники III-го рода и высокотемпературные сверхпроводники. Перспективы применения в электроэнергетике.  26. Манганин. Состав, свойства, применение.  27. Константан. Состав, свойства, применение.  28. Нагревостойкие сплавы. Состав, свойства, применение.  29. Материалы применяемые для изготовления скользящих контактов.  30. Материалы применяемые для изготовления разрывных контактов.  31. Классификация припоев. Условные обозначения, свойства и назначения мягких припоев.  32. Флюсы и припой для низкотемпературной пайки.  33. Флюсы и припой для высокотемпературной пайки.</p>
3	Полупроводниковые материалы	<p>34. Общие сведения и классификация полупроводниковых материалов.  35. Электропроводность собственных полупроводников.  36. Электропроводность примесных полупроводников.  37. Акцепторная примесь.  38. Донорная примесь.  39. Зависимость удельной электропроводности полупроводников от температуры.</p>
4	Диэлектрические материалы	<p>40. Диэлектрик в электрическом поле. Поляризация диэлектриков.  41. Относительная диэлектрическая проницаемость, поверхностная плотность связанных зарядов, поляризованность диэлектрика.  42. Мгновенные виды поляризации диэлектриков.  43. Замедленные виды поляризации диэлектриков.  44. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости материала от температуры и частоты для полярной жидкости.  45. Эквивалентная схема технического диэлектрика.  46. Электропроводность диэлектриков. Зависимость тока протекающего через диэлектрик от времени.  47. Понятие объемного и поверхностного сопротивления</p>

		диэлектриков. 48. Электропроводность газов. 49. Процесс саморазряда изоляции. 50. Мощность диэлектрических потерь. Тангенс угла диэлектрических потерь. 51. Электрическая прочность диэлектриков. Пробой газов. 52. Виды пробоя твердых диэлектриков. 53. Нагревостойкость, классы нагревостойкости диэлектриков.
5	Магнитные материалы	54. Основные характеристики магнитных материалов. Магнитодвижущая сила, магнитное сопротивление, напряженность магнитного поля, магнитная индукция. 55. Основная кривая намагничивания. 56. Процессы при намагничивании ферромагнетиков (петля гистерезиса). 57. Магнитные материалы. Виды потерь в ферромагнитных материалах. 58. Магнитострикция. Материалы. Области применения. Свойства.

### 5.1.2. Перечень типовых заданий (тесты)

#### Тест №1 (образец)

#### Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения

1. По величине удельного электрического сопротивления электротехнические материалы разделяют на группы...

- А) проводники, полупроводники, диэлектрики.
- Б) проводники, полупроводники, диэлектрики, магнитные материалы.
- В) парамагнетики, диамагнетики, ферромагнетики.
- Г) проводники, полупроводники, ферромагнетики, ферримагнетики.

2. С позиции классической электронной теории металлы рассматриваются как система, состоящая из ...

- А) отрицательных ионов, образующих узлы кристаллической решетки, и свободных электронов.
- Б) положительных ионов, образующих узлы кристаллической решетки, и свободных электронов.
- В) нейтральных атомов, образующих узлы кристаллической решетки, и свободных электронов.
- Г) кристаллической решетки, состоящей из положительно и отрицательно заряженных ионов и электронов проводимости.

#### Проводниковые материалы

3. Какой из перечисленных химических элементов, присутствующий в виде примеси в меди (в сотых долях %), приводит к существенному увеличению удельного сопротивления меди.

- А) Pb. Б) Fe. В) Ni. Г) Ag.

4. Что называется работой выхода электрона из металла.

А) это работа, которую нужно совершить для перехода электрона от уровня вакуума до уровня Ферми.

Б) это энергетический уровень, соответствующий состоянию покоя электрона вне металла.

В) это работа по преодолению потенциального барьера на границе металл-вакуум.

Г) это верхний энергетический уровень металла, занятый электронами при температуре  $0^{\circ}\text{K}$ .

5. Как изменяется длина металлических проводников при нагревании.

А) уменьшается.

Б) увеличивается.

В) зависит от вида кристаллической решетки металла.

Г) длина металлических проводников при нагревании не изменяется.

6. Запишите соответствие марки меди и её % содержание.

1. М00б.	а) 99,5%	А) 1д, 2г, 3в, 4б.
2. М0б.	б) 99,7%	Б) 1д, 2г, 3б, 4а.
3. М1.	в) 99,9%	В) 1а, 2б, 3в, 4г.
4. М2.	г) 99,97%	Г) 1г, 2а, 3б, 4в.
	д) 99,99%	

7. За счет чего переменный ток высокой частоты распределяется по сечению проводника неравномерно.

А) за счет возникающей в металлическом проводнике ЭДС самоиндукции.

Б) за счет возникающих в металлическом проводнике вихревых токов.

В) за счет намагничивания металлического проводника.

Г) за счет сопротивления металлического проводника.

8. Какую функцию выполняет стальная и алюминиевая оболочки биметаллического контактного провода.

А) Стальная, повышенную прочность при растяжении. Алюминиевая, защищает от коррозии.

Б) Стальная, повышенную прочность при растяжении. Алюминиевая, обеспечивает электропроводность.

В) Стальная, обеспечивает электропроводность. Алюминиевая, обеспечивает повышенную прочность при растяжении.

Г) Стальная, обеспечивает электропроводность. Алюминиевая, обеспечивает теплопроводность.

9. Чему равно удельное сопротивление сверхпроводников.

А)  $\approx 2 \cdot 10^{-12}$  Ом·м. Б)  $\approx 4 \cdot 10^{-18}$  Ом·м. В)  $< 5 \cdot 10^{-24}$  Ом·м. Г)  $> 5 \cdot 10^{-24}$  Ом·м.

### Полупроводниковые материалы

10. С точки зрения зонной теории твердого тела к полупроводникам относятся материалы, ширина запрещенной зоны которых имеет величину...

А) 0,01 – 0,05эВ.

Б) 0,05 – 3эВ.

В) 3 – 5эВ.

Г) более 5эВ.

11. Какие из перечисленных групп материалов являются простыми полупроводниками.

- А) сера, свинец, теллур.
- Б) кремний, бор, висмут.
- В) йод, германий, бериллий.
- Г) мышьяк, фосфор, селен.

12. Собственными, называют полупроводники, которые ...

- А) содержат незначительное количество легирующей примеси (1 атом на  $10^{11}$  атомов полупроводника)
- Б) содержат значительное количество легирующей примеси ( $10^3$  атомов на  $10^{11}$  атомов полупроводника)
- В) не содержат легирующие примеси.
- Г) содержат только донорную примесь.

13. В полупроводнике с электропроводностью  $n$  – типа неосновными носителями заряда являются...

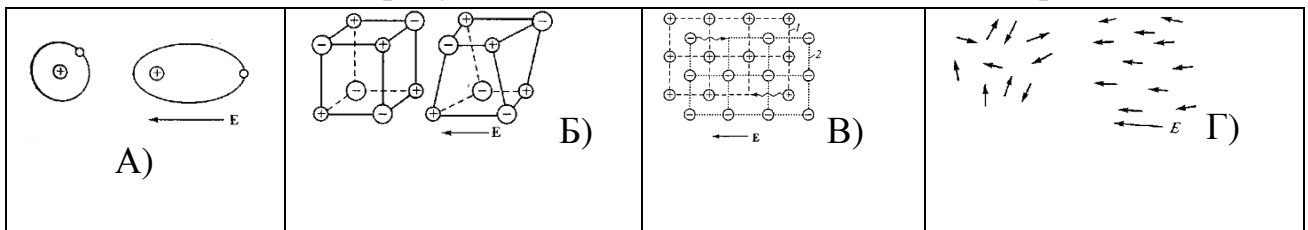
- А) электроны. Б) дырки. В) ионы. Г) протоны.

### Диэлектрические материалы

14. Основным процессом, который возникает в идеальном диэлектрике при воздействии на него электрического поля, является...

- А) ионизация.
- Б) рекомбинация.
- В) поляризация.
- Г) намагничивание.

15. На каком из рисунков показан механизм ионной поляризации.



16. К мгновенным видам относится поляризация, ...

- А) которая протекает в любом диэлектрике и сопровождается выделением тепла.
- Б) релаксационная, которая наблюдается в полярных диэлектриках.
- В) совершающаяся замедленно и сопровождающаяся рассеянием энергии в диэлектрике.
- Г) совершающаяся мгновенно, упруго, без рассеяния энергии, т.е. без выделения тепла.

17. При каком значении  $\text{tg}\delta$  диэлектрические потери в диэлектрике отсутствуют.

- А)  $90^\circ$ . Б)  $45^\circ$ . В)  $25^\circ$ . Г)  $0^\circ$ .

### Магнитные материалы

18. По магнитным свойствам все материалы подразделяются на ...

- А) проводники, полупроводники, диэлектрики.
- Б) диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
- В) диэлектрики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
- Г) ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.

19. Магнитный момент материала проявляется в результате ...

А) движения электронов входящих в состав атомов (ионов, молекул).

Б) движения свободных электронов между узлами кристаллической решетки.

В) электростатических сил притяжения (отталкивания) соседних ионов в кристаллической решетке или поляризованных молекул..

Г) металлического типа межатомной связи.

20. Мощность потерь, расходуемая на гистерезис в ферромагнитном материале, определяется формулой.

А)  $P = \eta \cdot f \cdot B_m^n$ .

Б)  $P = \eta \cdot f \cdot B_m^n$ .

В)  $P = \eta \cdot f^2 \cdot B_m^n$ .

Г)  $P = 2 \cdot \xi \cdot f \cdot B_m^2$ .

21. Явление намагничивания ферромагнитных материалов, сопровождающееся изменением их линейных размеров, называют...

А) обратной магнитострикцией.

Б) пьезоэлектрическим эффектом.

В) прямым магнитострикционным эффектом.

Г) линейной деформацией.

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрен.

## 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

РГЗ состоит из типовых задач и теоретических вопросов. Задания содержат расчеты по определению электрофизических параметров различных электротехнических материалов или конструкций, изготовленных из этих материалов, а также теоретическое изучение электрофизических свойств материалов применяемых в электроэнергетике.

Выполнение РГЗ направлено на систематизацию, расширение и закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков студентов при самостоятельном выборе электротехнических материалов. В процессе выполнения РГЗ у студентов должно сложиться четкое представление об основных свойствах и характеристиках электротехнических материалов и физических процессах, происходящих в них при воздействии электромагнитного поля.

Задачей расчетно-графической работы является:

- приобретение практических навыков расчета свойств электротехнических материалов;
- изучение литературных источников, работа с нормативно-справочной литературой;

РГЗ оформляется на листах формата А4 объемом до 10 страниц и включать в себя:

- титульный лист;
- задание;
- основные теоретические положения, расчётные формулы, расчёты, необходимые рисунки и характеристики;
- список используемой литературы.

### Пример расчетно – графического задания

Задача №1		<p>Листовой изоляционный материал «миканит» состоит из девяти слоев бакелитового лака толщиной по 5 мкм, служащих диэлектрической связкой, и десяти слоев, содержащих частицы слюды толщиной по 25 мкм. Электрические свойства этих материалов указаны в приложении 4. Определить пробивное напряжение листа миканита, полагая, что для слюды <math>E_{пр1} = 75</math> МВ/м, для лака <math>E_{пр2} = 50</math> МВ/м: а) в постоянном электрическом поле; б) в переменном электрическом поле частотой 50 Гц. При расчете полагать, что параметры миканита не зависят от частоты.</p>
Задача №2		<p>При испытании магнитного сердечника на частоте <math>f=1</math>кГц с помощью установки, схема которой представлена на рис.1, были получены значения <math>U_g=300</math> мВ и <math>U_r=30</math> мВ. Вычислить магнитную проницаемость, индукцию и напряженность магнитного поля в кольцевом сердечнике размерами <math>R \times h = 30 \times 20 \times 10</math> мм, если число витков измерительной обмотки <math>n=30</math>, а сопротивление резистора, ограничивающего ток в измерительном контуре, <math>R_0=10</math> Ом.</p>
Задача №3	<p>В слабых магнитных полях петля гистерезиса приближенно описывается эмпирической формулой Рэлея:</p> $B = \mu_0 \cdot \left[ (\mu_n + \beta \cdot H_m) \cdot H \mu \frac{\beta}{2} (H_m^2 - H^2) \right],$ <p>где знак минус соответствует интервалу возрастания <math>H</math>, а знак плюс – интервалу уменьшения <math>H</math>. Пользуясь этой формулой, постройте петлю гистерезиса и определите потери на гистерезис в кольцевом магнитном сердечнике с площадью поперечного сердечника <math>S=25</math>мм<sup>2</sup> и средней длиной магнитного контура <math>L_{cp}=50</math>мм, при воздействии на него переменного магнитного поля с частотой <math>f=50</math>Гц и амплитудой напряженности <math>H_m=20</math>А/м. Начальная магнитная проницаемость материала сердечника <math>\mu_n=1000</math> эмпирическая постоянная <math>\beta=200</math>м/А.</p>	
Теоретическое задание №1	<p>Классификация полупроводниковых химических соединений и многофазных материалов. Какие химические соединения относятся к типу <math>A^{IV} B^{IV}</math>. Их свойства и область применения в электронике.</p>	
Теоретическое задание №2	<p>Какие материалы относятся к высокочастотным магнитомягким материалам. Свойства и состав ферритов. Область применения в электротехнике.</p>	

## 5.4. Перечень контрольных работ

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. для вузов/ С.Н. Колесов, И.С. Колесов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш шк., 2007. - 535с.

2. Целебровский Ю.В. Материаловедение для электриков в вопросах и ответах [Электронный ресурс]: уч. пособие – 2-е изд. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. -64с. – Режим доступа – ЭБС – “IPRbooks” <http://www.iprbookshop.ru/47695.html>

3. Тимофеев И.А. Электротехнические материалы и изделия [Электронный ресурс]: учебное пособие. – СПб.: Издательство “Лань”, 2012. – 272с. – Режим доступа – ЭБС издательства “Лань” [https://e.lanbook.com/book/3733?category\\_pk=937#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3733?category_pk=937#book_name).

4. Элементы автоматических и автоматизированных систем. Материалы и конструкции. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студ. спец.140200, 140604. Сост.: А.Н. Потапенко, А.Н. Семернин, Н.Б. Сибирцева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007.-37 с.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Музылева И.В. Электротехническое и конструкционное материаловедение. Диэлектрические материалы и их применение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Музылева И.В., Синюкова Т.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55670>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Музылева И.В. Электротехническое и конструкционное материаловедение. Полупроводниковые материалы и их применение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Музылева И.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 79 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55610>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники. В 2 т. Т.1. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Сорокин В.С., Антипов Б.Л., Лазарева Н.П. – М.: Издательский центр “Академия”, 2006.- 448с.

4. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники. В 2 т. Т.2. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. – М.: Издательский центр “Академия”, 2006.- 384с.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Чип и Дип. Видео. Вещества и материалы. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.chipdip.ru/video/all.aspx?groupid=3001>

2. \_Коробейников С.М. Учебное пособие по диэлектрическим материалам.



НГТУ. Электронный ресурс. Режим доступа:  
<http://sermir.narod.ru/tryd/Posob/Index.htm>

3. Официальный сайт Музылевой И.В. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://cifra.studentmiv.ru/about/>

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

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оснащенных маркерной или меловой доской и презентационной техникой (проектор, интерактивная доска).

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях М211, М212 с использованием оборудования:

- Переносные лабораторные стенды:
  1. Изучение магнитострикционного эффекта.
  2. Исследование влияния материала сердечника катушки индуктивности на характеристики колебательного контура.
  3. Исследование свойств магнитных материалов.
- Рабочее место по обучению пайки проводов.

При выполнении лабораторных работ используется следующее оборудование: осциллографы Instek GOS - 620, цифровые мультиметры DT-890+, M-890D, генераторы ГЗ-112/1, паяльная станция Lukey 852D<sup>+</sup>. Расходные материалы: проволока медная 0,2 мм, флюсы: канифоль, паяльная кислота, паяльный жир, припой: ПОС-61, сплав Вуда.

Практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных маркерной или меловой доской и презентационной техникой.

При проведении лекционных и практических занятий предусмотрен показ видеофильмов по изучаемым темам. Комплект включает видеофильмы по темам: сегнето и пьезоэлектрики; полупроводники; технология производства микросхем; коррозия металлов; лазерная обработка металлов; структура и свойства материалов; порошковая металлургия; технология прессования пластмасс; трение и износ в механизмах; мир нанотехнологий; лекция Ж. Алферова “Полупроводниковая революция”.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2017/2018 учебный год без изменений.

Протокол № 15 заседания кафедры от «10» 06 20 14 г.

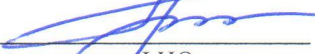
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

**8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа утверждена на 2018/2019 учебный год без изменений.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» 05 20 18 г.

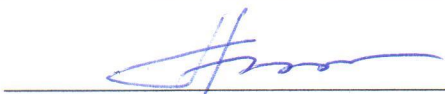
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

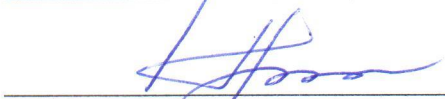
Протокол № 13 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_



А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС \_\_\_\_\_



А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 20~~20~~/20~~21~~ учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 20~~20~~г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



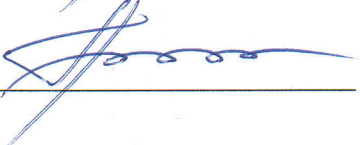
А.В. Белоусов

**Утверждение рабочей программы без изменений.**

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Каждый специалист, работающий в области электротехники и электроэнергетики, должен знать перечень основных электрических, магнитных и механических характеристик, которыми обладают материалы, относящиеся к классам диэлектрических, полупроводниковых, проводниковых, магнитных материалов. При изготовлении и ремонте электротехнического оборудования необходимы детали и узлы, выполненные из материалов определенных классов и обладающие конкретными электрическими и магнитными характеристиками. Необходимо знать, как и почему эти характеристики изменяются под действием температуры, величины тока и напряжения, частоты переменного электромагнитного поля, механической нагрузки и других внешних величин.

### **Методические рекомендации студентам по самостоятельному изучению дисциплины.**

В курсе "Электротехническое материаловедение" рассматриваются материалы, применяемые при изготовлении электрооборудования, новые технологии в электротехническом материаловедении, интеллектуальные материалы и конструкции. Рассматривается физика явлений, имеющих место в диэлектрических, проводниковых, полупроводниковых и магнитных материалах, находящихся в электрическом и магнитном поле. Главной задачей изучения дисциплины "Электротехническое материаловедение" является:

- Изучение основных физических процессов, протекающих в материалах при воздействии на них электрического, магнитного или теплового полей;
- Изучение зависимости электрических, механических и других свойств материалов от их химического состава и строения;
- Знакомство с композиционными материалами, применяемыми в производстве электрооборудования.

#### **ТЕМА №1 Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.**

Электротехнические материалы применяют для производства провода, кабелей, изоляторов, резисторов, катушек индуктивности, магнитов, трансформаторов, диодов, транзисторов, и т. п. Для этих целей применяют электротехнические материалы определенного класса, имеющие определенные электрические, механические и химические свойства. От присущих данному материалу требуемых свойств зависят качество, надежность и безопасность работы каждой детали и электроустановки в целом.

Классифицируя электротехнические материалы их следует разделить на четыре основных класса: диэлектрики, полупроводники, проводники и магнитные материалы. Следует обратить внимание, что по поведению в электрическом поле электротехнические материалы подразделяют на три класса: диэлектрические, полупроводниковые и проводниковые. В магнитном же поле - на два класса: магнитные (сильномагнитные) и немагнитные (слабромагнитные). К первым относятся ферро- и ферромагнетики, а ко вторым - диа-, пара- и антиферромагнетики.

## ТЕМА 2. Проводниковые материалы.

Дается классификация проводниковых материалов на четыре подкласса: материалы высокой проводимости, сверхпроводники, материалы высокого сопротивления, контактные материалы.

Изучение свойств проводниковых материалов необходимо начинать с рассмотрения физических процессов в металлических проводниках (влияние температуры, примеси, деформации, размеров проводника на удельное сопротивление; эмиссионные и контактные явления в металлах; тепловые свойства металлов).

Материалы высокой проводимости используют там, где необходимо, чтобы электрический ток проходил с минимальными потерями. Из них изготавливают провода, кабели и другие токопроводящие части электроустановок. При рассмотрении материалов высокой проводимости необходимо уделить внимание свойствам медных и алюминиевых проводников, особенности контакта медной и алюминиевой проволоки, какому из металлов следует отдать предпочтение для производства контактного провода электрифицированного транспорта. Рассмотреть медные и алюминиевые сплавы их свойства и области применения.

При изучении сверхпроводников следует обратить внимание на высокотемпературные сверхпроводники, как наиболее перспективные материалы электроники и электротехники.

Изучая материалы высокого сопротивления необходимо рассмотреть свойства манганина, константана, нагревостойкие сплавы (нихромы, фехрали, хромали) и их области применения.

Рассматривая контактные материалы, следует отдельно рассмотреть материалы для разрывных и скользящих контактов. Рассмотреть материалы для изготовления коллекторных пластин электрических машин, электротехнические угольные материалы и их область применения.

## ТЕМА 3. Полупроводниковые материалы.

Изучая тему необходимо классифицировать полупроводниковые материалы на три основные группы: простые полупроводники, полупроводниковые химические соединения и полупроводниковые комплексы.

Характерной особенностью полупроводников является существенная зависимость электропроводности от интенсивности внешнего энергетического воздействия: напряженности электрического поля, температуры, освещенности, длины волны падающего света, давления и т. п. Эта их особенность положена в основу работы полупроводниковых приборов: диодов, транзисторов, термисторов, фоторезисторов, тензодатчиков и др.

Изучение физических свойств необходимо начинать с электропроводности собственных и примесных полупроводников, видов примеси (акцепторная, донорная). Необходимо рассмотреть зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры. Иметь представление о фотопроводимости полупроводника. Изучить вентильные свойства полупроводниковых приборов на примере p-n перехода.

Изучая простые полупроводники, необходимо подробно рассмотреть свойства и применение кремния, как основного материала используемого в полупроводниковой технике, а также рассмотреть технологии очистки и



получения монокристаллических слитков кремния. Рассмотреть основные этапы планарно-эпитаксиальной технологии производства полупроводниковых микросхем.

При изучении полупроводниковых химических соединений и многофазных материалов в первую очередь необходимо рассмотреть свойства арсенида галлия и карбид кремния, широко применяемых в производстве полупроводниковых приборов.

Изучая тему, рекомендуется просмотр видеофильмов: “Физические свойства полупроводников”, “Технология изготовления микросхем”, видео – лекция Ж. Алферова ”Полупроводниковая революция”.

#### ТЕМА 4. Диэлектрики.

Диэлектрические материалы обладают способностью поляризоваться под действием приложенного электрического поля и подразделяются на два подкласса: диэлектрики пассивные и активные.

При изучении свойств диэлектриков следует рассмотреть такие понятия как поляризация диэлектриков, электропроводность диэлектриков, диэлектрические потери, пробой диэлектриков.

Изучая пассивные диэлектрики необходимо обратить внимание на то, что их используют для создания электрической изоляции между токопроводящими частями электротехнического оборудования, так как они препятствуют прохождению электрического тока и являются электроизоляционными материалами. Пассивные диэлектрики так же используют в электрических конденсаторах, где они служат для создания определенной электрической емкости. В этом случае важную роль играет диэлектрическая проницаемость материала (а не удельное сопротивление), чем выше диэлектрическая проницаемость, тем больше емкость конденсатора, а габариты и вес конденсаторов меньше.

Рассматривая строение и свойства жидких диэлектриков необходимо особое внимание уделить нефтяному трансформаторному маслу и синтетическим жидким диэлектрикам. Изучая твердые диэлектрики, необходимо обратить внимание на свойства и строение термопластов и реактопластов, свойства эластомеров, рассмотреть состав и области применения волокнистых диэлектрических материалов, а также рассмотреть неорганические диэлектрики.

Изучая активные диэлектрики необходимо обратить внимание на то, что в отличие от обычных диэлектриков их применяют для изготовления активных элементов, (деталей) электрических схем. Детали, изготовленные из них, служат для генерации, усиления, модуляции, преобразования электрического сигнала. К ним относятся: сегнето- и пьезоэлектрики, пироэлектрики, электреты, люминофоры, жидкие кристаллы, электрооптические материалы и др. Активные диэлектрики считают перспективными материалами и их применяют в качестве интеллектуальных материалов и конструкций.

Изучая тему, рекомендуется просмотр видеофильма: ”Сегнето- и пьезоэлектрики”.

## ТЕМА 5. Магнитные материалы.

К магнитным материалам, используемым в технике, относят ферромагнетики и ферриты. Собственное магнитное поле в сотни и тысячи раз больше, чем вызвавшее его внешнее магнитное поле. Для них характерно наличие магнитного гистерезиса. Магнитные материалы применяют для концентрации магнитного поля в сердечниках катушек индуктивности, дросселях и других конструкциях, в качестве магнитопроводов силовых трансформаторов и т. п. Они способны сильно намагничиваться даже в слабых полях, а некоторые из них сохраняют намагниченность и после снятия внешнего магнитного поля. К наиболее широко используемым в технике магнитным материалам относятся Fe, Co, Ni и их сплавы.

Перед изучением магнитных материалов необходимо рассмотреть основные величины, характеризующие свойства магнитных материалов (полный магнитный момент атома, магнитная индукция, напряженность магнитного поля, магнитная проницаемость).

Уметь классифицировать все материалы по магнитным свойствам на три основные группы: диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные. Рассмотреть явление намагничивания ферромагнитных материалов, сопровождающееся изменением их линейных размеров (магнитострикция).

Знать причины, приводящие к образованию доменов в ферромагнитном материале, механизм технического намагничивания и магнитный гистерезис, мощность потерь на гистерезис и вихревые токи, потери вызванные магнитным последствием (магнитные потери).

Классифицируя магнитные материалы по величине коэрцитивной силы, следует разделить их на два типа: магнитомягкие и магнитотвердые.

Рассматривая строение и свойства магнитомягких материалов, следует отдельно рассмотреть низкочастотные материалы (карбонильное железо и кремнистую электротехническую сталь) и высокочастотные материалы (магнитодиэлектрики и ферриты).

Приступая к рассмотрению свойств магнитотвердых материалов необходимо познакомиться с их основными характеристиками. Рассматривая строение и свойства магнитотвердых материалов, в первую очередь следует рассмотреть литые высококоэрцитивные сплавы и магнитотвердые ферриты.