

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент **И.И. Растворова**

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Уровень высшего образования: *Бакалавриат*

Направление подготовки: *11.03.04 Электроника и наноэлектроника*

Направленность (профиль): *Силовая электроника*

Квалификация выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Составитель: *Зав. кафедрой И.И. Растворова*

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств»
разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки, «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 927 от 19 сентября 2017 г.;

– на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника», направленность (профиль) «Силовая электроника».

Составитель _____ д-р техн. наук, зав. кафедрой И.И. Растворова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электронных систем от 31.01.2022 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой ЭС _____ д-р техн. наук, И.И. Растворова
зав.кафедрой

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» является формирование у студентов знаний о магнитных элементах, применяемых в устройствах преобразования электрической энергии, в устройствах автоматики.

Основными задачами дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» является: иметь представление о свойствах магнитных элементов электронных устройств; уметь ориентироваться среди широкой номенклатуры магнитных элементов электронной техники; приобрести навыки по анализу разнообразных магнитных материалов для научного обоснования выбора наиболее целесообразного материала при решении конкретной задачи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Магнитные элементы электронных устройств» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и наноэлектроника» и изучается в 5-ом семестре.

Дисциплина «Магнитные элементы электронных устройств» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Энергетическая электроника», «Силовые преобразовательные устройства», «Конструирование электронных устройств».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы ОПК-1.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПКС-4	ПКС-4.1. Знает принципы учета видов и объемов производственных работ ПКС-4.2. Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования ПКС-4.3. Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		5
Аудиторная работа, в том числе:	51	51
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе	57	57
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Подготовка к зачету	-	-
Подготовка к практическим занятиям	27	27
Подготовка к лабораторным занятиям	30	30
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	36	36
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. час.	144
	зач. ед.	4

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные занятия, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. «Электромагнетизм. Основные магнитные материалы, применяемые в преобразовательной технике»	36	3	6	-	27
Раздел 2. «Дроссели»	26	4	6	6	10
Раздел 3. «Трансформаторы»	25	6	3	6	10
Раздел 4. «Электромагнитные преобразователи. Магнитные усилители»	21	4	2	5	10
Итого:	108	17	17	17	57

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1. Электромагнетизм. Основные магнитные материалы,	Электромагнетизм, физические основы. Динамические процессы при перемагничивании ферромагнитных материалов. Связь между электрическими и магнитными величинами для сердечника с обмотками. Сопротивление магнитному потоку. Магнито-	3

	применяемые в преобразовательной технике	движущая сила и напряженность магнитного поля. Основные магнитные материалы, применяемые в преобразовательной технике. Стандартизированные ряды магнитных элементов. Важнейшие параметры магнитного материала, используемого в преобразовательных устройствах	
2	Раздел 2. Дроссели	Сглаживающие дроссели. Особенности сглаживающих дросселей. Подходы для определения типоразмеров сердечника дросселей. Дроссели переменного тока. Отсутствие в дросселях переменного тока подмагничивания постоянным током. Основные соотношения при расчете дросселя без подмагничивания. Потери в дросселе при перемагничивании переменного тока.	4
3	Раздел 3. Трансформаторы	Классификация трансформаторов по уровню мощности, по назначению, по числу фаз. Силовой трансформатор. Автотрансформатор. Разделительные трансформаторы. Трансформатор напряжения. Импульсные трансформаторы. Измерительные трансформаторы. Трансформатор тока. Измерительно-силовые трансформаторы. Согласующие трансформаторы. Фазоинвертирующие трансформаторы. Потери в трансформаторах. Потери в сердечниках при перемагничивании. Срок службы трансформаторов. Конструкции трансформаторов. Принципы действия. Основные части конструкции трансформатора - обмотки; магнитная система (магнитопровод); система охлаждения. Базовые концепции конструкций трансформаторов: стержневой тип трансформаторов и броневой. Алгоритм расчета трансформатора. Конструктивный расчет трансформатора, работающего в двухтактном режиме перемагничивания. Моделирование сердечника и процессов в нем. Однотактный режим перемагничивания, анализ процессов. Внешние характеристики трансформаторов. Коэффициент полезного действия. Трансформаторы в ключевых схемах. Режимы работы трансформатора. Номинальный режим работы трансформаторов. Токи, напряжения и потери энергии в сердечнике при двуполярном перемагничивании. Основное требование, предъявляемое к импульсным трансформаторам. Принцип передачи прямоугольного импульса напряжения через трансформатор	6
4	Раздел 4. Электромагнитные преобразователи. Магнитные усилители	Трансформаторные датчики, нелинейные магнитные элементы: управляемые магнитные ключи, электромагнитные реле. Применение электромагнитных реле во многих системах автоматики, управления и защиты электропривода и защиты энергосистем. Создание усилия в электромагнитном преобразователе за счет изменения магнитной энергии. Механические характеристики электромагнитного реле. Магнитные накопители энергии – дроссели. Прин-	4

		тип действия магнитного усилителя (МУ). Анализ процессов в них: зависимости магнитной проницаемости μ магнитопровода от магнитодвижущей силы. Делитель переменного напряжения. Простейший неревверсивный дроссельный МУ. Повышение коэффициента усиления МУ с помощью применения положительной обратной связи. Двухтактный магнитный усилитель.	
Итого:			17

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Составление классификации магнитных элементов электронных устройств.	2
		Решение задач по теме «Магнитные материалы. Физические и теоретические основы магнитных элементов и устройств»	4
2	Раздел 2	Расчет сглаживающего дросселя	6
3	Раздел 3	Расчет трансформаторного устройства	3
4	Раздел 4	Механические характеристики электромагнитного реле. Переходный процесс при включении реле	2
Итого:			17

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 2.	Исследования сглаживающего фильтра	6
2.	Раздел 3.	Импульсный трансформатор и формирователь импульсов на его основе	6
	Раздел 4.	Исследование дроссельного магнитного усилителя	5
Итого:			17

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 2. Дроссели

1. Дроссели переменного тока.
2. Сглаживающие дроссели.

Раздел 3. Трансформаторы

1. Силовой трансформатор.
2. Измерительные трансформаторы.
3. Трансформатор тока.
4. Фазоинвертирующие трансформаторы.
5. Согласующие трансформаторы.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов к экзамену (по дисциплине):

1. Физические основы ферромагнетизма. Кривая намагничивания.
2. Магнитная проницаемость. Статические и динамические характеристики магнитных материалов и сердечников.
3. Основные аналитические соотношения, связывающие характеристики магнитных и электрических цепей (закон электромагнитной индукции, закон полного тока, магнитное сопротивление магнитопровода, понятие индуктивности, магнитодвижущая сила, электродвижущая сила).
4. Линейный дроссель - элемент электрической цепи переменного тока.
5. Дроссель насыщения без подмагничивания. Схема, характеристики. Возможные его практические использования.
6. Дроссель насыщения с подмагничиванием.
7. Возможные его практические применения дросселя.
8. Дроссельный магнитный усилитель. Схема, принцип действия.
9. Основной закон магнитного усилителя. Основные характеристики и параметры.
10. Дроссель насыщения с самонамагничиванием.
11. Применения ДН с самонамагничиванием в электроаппаратостроении.
12. Импульсный трансформатор на магнитных сердечниках с НПГ. Принцип действия. Зависимость формы выходного импульса от параметров трансформатора и нагрузки.
13. Электромагнитные реле постоянного тока. Устройство.
14. Электромагнитные реле постоянного тока. Принцип действия. Тяговые и механические характеристики.

15. Электромагнитные механизмы (электромагнитные муфты, магнитоуправляемые контакты, реле переменного тока).

16. Электромагнитная схема и принцип действия силового трансформатора на холостом ходу и в режиме с нагрузкой.

17. Схема замещения силового трансформатора.

18. Определение параметров схемы замещения по опытам холостого хода и короткого замыкания.

19. Изменение вторичного напряжения и внешние характеристики трансформатора.

20. КПД силового трансформатора и его зависимость от нагрузки.

21. Устройство и принцип действия трехфазного трансформатора.

22. Схемы соединения обмоток. Причины, обуславливающие применение той или иной схемы соединения обмоток.

23. Группы соединения обмоток трёхфазного трансформатора.

24. Параллельное включение трансформаторов.

25. Автотрансформаторы.

26. Особенности многообмоточных силовых трансформаторов малой мощности (броневых и тороидальных).

27. Особенности силовых трансформаторов, используемых в преобразовательных устройствах (выпрямителях).

28. Особенности силовых трансформаторов, используемых в преобразовательных устройствах (инверторах).

29. Трансформаторы для электродуговой сварки.

30. Современные магнитные материалы и элементы.

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Максимальная магнитная проницаемость – это ...	1. наклон прямой линии, проведенной из начала координат и проходящей через колено кривой намагничивания 2. проницаемость вакуума 3. проницаемость вакуума по отношению к абсолютной 4. тангенс угла наклона прямой линии, проведенной из начала координат и проходящей через колено кривой намагничивания
2	Зависимость В-Н при увеличении частоты...:	1. расширяется 2. падает 3. сужается 4. не изменятся
3	Магнитная проницаемость – это ...	1. разность между индукцией В и намагничивающей силой Н 2. отношение намагничивающей силы Н к индукции В 3. отношение индукции В к намагничивающей силе Н 4. сумма индукции В и намагничивающей силы Н

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4	Магнитная проницаемость обозначается ...	1. μ 2. π 3. β 4. α
5	Магнитная восприимчивость характеризует ...	1. способность данного вещества намагничиваться в магнитном поле 2. изменение магнитной индукции от изменения температуры 3. зависимость магнитных свойств от предшествующего состояния 4. изменение температуры от изменения магнитной индукции
6	Магнитная восприимчивость обозначается ...	1. M_M 2. K_M 3. B_M 4. P_M
7	Магнитная постоянная $\mu_0 =$...	1. $4\pi \times 10^{-7}$ 2. $10\pi \times 10^{-7}$ 3. $\pi \times 10^{-7}$ 4. $40\pi \times 10^{-7}$
8	Магнитная постоянная μ_0 имеет размерность	1. м 2. Гн \times м 3. Гн 4. все утверждения не верны
9	Процесс намагничивания для каждого ферромагнетика характеризуется ...	1. основной кривой намагничивания 2. кривой перемагничивания 3. неосновной кривой намагничивания 4. кривой замгничивания
10	Математическая запись кривой намагничивания ...	1. $C = f(H)$ 2. $B = f(H)$ 3. $B = f(C)$ 4. $B = s(H)$
11	Основное требование, предъявляемое к импульсным трансформаторам ...	1. максимальное искажение формы импульсов и снижение длительности фронтов импульсов 2. минимальное искажение формы импульсов и повышение длительности фронтов импульсов 3. минимальное искажение формы импульсов и снижение длительности фронтов импульсов 4. не один из перечисленных вариантов
12	Уменьшение рассеяния в импульсных трансформаторах достигается использованием	1. стержневых магнитопроводов 2. кольцевых магнитопроводов 3. румбических магнитопроводов 4. не один из перечисленных вариантов
13	Уменьшение вихревых токов в импульсных трансформаторах достигается использованием	1. магнитопроводов из меди 2. токопроводов из алюминия 3. магнитопроводов из феррита или тонкой пермаллоевой ленты 4. не один из перечисленных вариантов

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14	Уменьшение емкости в импульсных трансформаторах достигается использованием	1. специальной схемой укладки проводов и металлическими экранами 2. размерами конденсатора 3. диэлектрическими экранами 4. не один из перечисленных вариантов
15	С помощью импульсного трансформатора можно	1. изменять амплитуду и полярность импульсов в режиме передачи импульсов 2. формировать короткие импульсы в режиме формирования 3. изолировать цепи генератора и нагрузки по постоянному току 4. все вышеперечисленные варианты
16	Изменение магнитного состояния ферромагнетика при его циклическом перемагничивании называется ...	1. магнезис 2. солярис 3. гистерезис 4. парамагнезис
17	Индукция магнитного потока в сердечнике ...	1. $B = \Phi / S_c$ 2. $B = \Phi \cdot S_c$ 3. $B = \Phi / d_c$ 4. $B = \Phi \cdot d_c$
18	Закон полного тока описывается ...	1. первым уравнением Максвелла 2. вторым уравнением Максвелла 3. третьим уравнением Максвелла 4. четвертым уравнением Максвелла
19	Воздушный зазор в сердечнике приводит к ...	1. увеличению магнитной проницаемости 2. уменьшению магнитной проницаемости 3. исчезновению магнитной проницаемости 4. не один из перечисленных вариантов
20	Температура Кюри – это температура ...	1. ниже, которой материал теряет свои ферромагнитные свойства 2. при которой, материал становится магнетиком 3. выше, которой материал теряет свои ферромагнитные свойства 4. не один из перечисленных вариантов

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Магнитострикция – это	1. изменение размеров и формы магнитных материалов при намагничивании 2. изменение формы магнитных материалов при намагничивании 3. изменение размеров магнитных материалов при намагничивании 4. все утверждения не верны
2	Зависимость магнитных свойств от выделенного направления в магнетике называется ...	1. думанитная анизотропия 2. магнитная анизотропия 3. магнитная монотропия 4. магнитная политропия
3	Вектор напряжённости магнитного	1. $B = \mu_0 \times W$ 2. $B = \mu_0 J$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	поля H и вектор магнитной индукции B связаны соотношением	3. $B = \mu_0 \times Y$ 4. все утверждения не верны
4	Вихревые токи возникают в проводящей среде за счет ...	1. ЭДС дедукции 2. МДС самоиндукции 3. ЭДС индукции 4. все утверждения не верны
5	В какой области кривой намагничивания возможно обратимое смещение доменных границ?	1. IV 2. II 3. III 4. все утверждения не верны
6	Измерительные трансформаторы применяют для ...	1. создания очень больших или очень маленьких переменных напряжений и токов в цепях 2. ликвидации переменных напряжений и токов в цепях 3. измерения очень больших или очень маленьких переменных напряжений и токов в цепях 4. не один из перечисленных вариантов
7	Импульсные трансформаторы используют для ...	1. трансформации кратковременных видеоимпульсов напряжения, обычно периодически повторяющихся с высокой скважностью. 2. генерации кратковременных видеоимпульсов напряжения, обычно периодически повторяющихся с высокой скважностью. 3. генерации кратковременных видеоимпульсов напряжения, не повторяющихся с высокой скважностью. 4. не один из перечисленных вариантов
8	Трансформатор, предназначенный для измерения больших токов, называют ...	1. трансформатор напряжения 2. трансформатор тока 3. трансформатор сопротивления 4. мощный трансформатор
9	Для подключения низкоомной нагрузки к каскадам электронных устройств, имеющих высокое входное или выходное сопротивление применяют ...	1. согласительные трансформаторы 2. согласные трансформаторы 3. согласующие трансформаторы 4. не один из перечисленных вариантов
10	Срок службы трансформатора может быть разделен на две категории:	1. механический и технический 2. экономический и технический 3. экономический и механический 4. все вышеперечисленные варианты
11	Основное применение импульсного трансформатора заключается в ...	1. измерения прямоугольного магнитного импульса; 2. передаче синусоидального электрического импульса; 3. передаче прямоугольного магнитного импульса; 4. передаче прямоугольного электрического импульса.
12	Основными частями конструкции трансформатора являются	1. обмотки, магнитная система (магнитопровод) и система охлаждения; 2. магнитная система (магнитопровод) и

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		система охлаждения; 3. обмотки, магнитная система (магнитопровод); 4. обмотки и система охлаждения.
13	КПД трансформатора называется ...	1. произведение отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 к потребляемой P_1 ; 2. отношение отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 к потребляемой P_1 ; 3. сумма отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 к потребляемой P_1 ; 4. отношение потребляемой P_1 к отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 .
14	Режим холостого хода характеризуется ...	1. разомкнутой вторичной цепью трансформатора; 2. замкнутой вторичной цепью на нагрузке вторичной цепи трансформатора; 3. замыканием вторичной цепи накоротко; 4. замыканием обеих цепей накоротко.
15	Нагрузочный режим характеризуется ...	1. замыканием первичной цепи накоротко; 2. разомкнутой вторичной цепью трансформатора; 3. замыканием вторичной цепи накоротко; 4. замкнутой вторичной цепью на нагрузке вторичной цепи трансформатора.
16	Принцип работы реле ...	1. при отсутствие тока контакт замыкается 2. при некотором значении тока, протекающем через обмотку, якорь реле притягивается к намагниченному сердечнику замыкая или размыкая контакт 3. при определенном напряжении якорь размыкает контакт 4. не один из перечисленных вариантов
17	Основной характеристикой электромагнитного реле является ...	1. чувствительность 2. компактность 3. масса и габариты 4. не один из перечисленных вариантов
18	Мощность тока при которой электромагнитное реле срабатывает, называют ...	1. критическим значением 2. пороговым значением 3. чувствительность 4. не один из перечисленных вариантов
19	Электромагнитное реле -	1. электромеханический прибор, который может управлять каким-либо другим электрическим прибором или электрической цепью 2. магнитный прибор для измерения мощности

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. электрический прибор для определения магнитного потока 4. не один из перечисленных вариантов
20	Повысить чувствительность электромагнитного реле можно с помощью ...	1. амперметра 2. усилителя мощности 3. транзисторных или ламповых усилителей электрических сигналов 4. не один из перечисленных вариантов

Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Магнитная восприимчивость обозначается ...	1. M_M 2. K_M 3. B_M 4. P_M
2	Магнитная постоянная $\mu_0 = \dots$	1. $4\pi \times 10^{-7}$ 2. $10\pi \times 10^{-7}$ 3. $\pi \times 10^{-7}$ 4. $40\pi \times 10^{-7}$
3	Магнитная постоянная μ_0 имеет размерность	1. м 2. Гн \times м 3. Гн 4. все утверждения не верны
4	Процесс намагничивания для каждого ферромагнетика характеризуется ...	1. основной кривой намагничивания 2. кривой перемагничивания 3. неосновной кривой намагничивания 4. кривой замгничивания
5	Математическая запись кривой намагничивания ...	1. $C = f(H)$ 2. $B = f(H)$ 3. $B = f(C)$ 4. $B = s(H)$
6	Магнитострикция – это	1. изменение размеров и формы магнитных материалов при намагничивании 2. изменение формы магнитных материалов при намагничивании 3. изменение размеров магнитных материалов при намагничивании 4. все утверждения не верны
7	Зависимость магнитных свойств от выделенного направления в магнетике называется ...	1. думанитная анизотропия 2. магнитная анизотропия 3. магнитная монотропия 4. магнитная политропия
8	Вектор напряжённости магнитного поля H и вектор магнитной индукции B связаны соотношением	1. $B = \mu_0 \times W$ 2. $B = \mu_0 J$ 3. $B = \mu_0 \times Y$ 4. все утверждения не верны
9	Вихревые токи возникают в проводящей среде за счет ...	1. ЭДС дедукции 2. МДС самоиндукции

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. ЭДС индукции 4. все утверждения не верны
10	В какой области кривой намагничивания возможно обратимое смещение доменных границ?	1. IV 2. II 3. III 4. все утверждения не верны
11	Изменение магнитного состояния ферромагнетика при его циклическом перемагничивании называется ...	1. магнетизм 2. солярис 3. гистерезис 4. парамагнетизм
12	Индукция магнитного потока в сердечнике ...	1. $B = \Phi / S_c$ 2. $B = \Phi \cdot S_c$ 3. $B = \Phi / d_c$ 4. $B = \Phi \cdot d_c$
13	Закон полного тока описывается ...	1. первым уравнением Максвелла 2. вторым уравнением Максвелла 3. третьим уравнением Максвелла 4. четвертым уравнением Максвелла
14	Воздушный зазор в сердечнике приводит к ...	1. увеличению магнитной проницаемости 2. уменьшению магнитной проницаемости 3. исчезновению магнитной проницаемости 4. не один из перечисленных вариантов
15	Температура Кюри – это температура ...	1. ниже, которой материал теряет свои ферромагнитные свойства 2. при которой, материал становится магнетиком 3. выше, которой материал теряет свои ферромагнитные свойства 4. не один из перечисленных вариантов
16	Основное применение импульсного трансформатора заключается в ...	1. измерения прямоугольного магнитного импульса; 2. передаче синусоидального электрического импульса; 3. передаче прямоугольного магнитного импульса; 4. передаче прямоугольного электрического импульса.
17	Основными частями конструкции трансформатора являются	1. обмотки, магнитная система (магнитопровод) и система охлаждения; 2. магнитная система (магнитопровод) и система охлаждения; 3. обмотки, магнитная система (магнитопровод); 4. обмотки и система охлаждения.
18	КПД трансформатора называется ...	1. произведение отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 к потребляемой P_1 ; 2. отношение отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 к потребляемой P_1 ; 3. сумма отдаваемой (полезной) электрической

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		ской мощности P_2 к потребляемой P_1 ; 4. отношение потребляемой P_1 к отдаваемой (полезной) электрической мощности P_2 .
19	Режим холостого хода характеризуется ...	1. разомкнутой вторичной цепью трансформатора; 2. замкнутой вторичной цепью на нагрузке вторичной цепи трансформатора; 3. замыканием вторичной цепи накоротко; 4. замыканием обеих цепей накоротко.
20	Нагрузочный режим характеризуется ...	1. замыканием первичной цепи накоротко; 2. разомкнутой вторичной цепью трансформатора; 3. замыканием вторичной цепи накоротко; 4. замкнутой вторичной цепью на нагрузке вторичной цепи трансформатора.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Козлов Г.Д. Новые бесконтактные магнитные элементы / Г.Д. Козлов ; ред. В.И. Нефедовой. - Москва ; Ленинград : Гос. энергетическое изд-во, 1963. - 81 с. - (Библиотека по автоматике. Выпуск 92).; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=110702> (25.09.2018).

2. Импульсные регуляторы на бесконтактных магнитных элементах / М.А. Боярченко, Ф.И. Кербников, В.К. Раев, М.А. Розенблат. - Москва ; Ленинград : Энергия, 1966. - 121 с. - (Библиотека по автоматике. Выпуск № 186). ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=110834\(25.09.2018\)](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=110834(25.09.2018)).

3. Тищенко Н.М. Магнитные усилители повышенной стабильности / Н.М. Тищенко ; ред. Я.Л. Удалова. - Москва ; Ленинград : Гос. энергетическое изд-во, 1963. - 114 с. - (Библиотека по автоматике. Выпуск 73). ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=110615> (25.09.2018).

7.1.2. Дополнительная литература

1. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 384с:

<https://e.lanbook.com/book/71735>

2. Алешкевич, В.А. Электромагнетизм : учебник / В.А. Алешкевич. - Москва : Физматлит, 2014. - 404 с. : ил. - ISBN 978-5-9221-1555-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275299> (25.09.2018).

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Муравьев, В. М. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : М/у и контр. задания на самостоят. работу / В. М. Муравьев, М. С. Сандлер. - М. : МГАВТ, 2010. - 24 с. <http://znanium.com/>:

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

2. 3. Мирровая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>

5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.

8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/.

9. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>

10. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>

11. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>

12. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

13. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.

14. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>

15. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы (мультимедийный проектор, экран, доска аудиторная).

Аудитории для проведения лекционных занятий (Учебный центр №2):

48 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный для студентов – 25 шт., стул – 48 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран SCM-16904 Champion – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., источник бесперебойного питания Protection Station 800 USB DIN – 1 шт., доска настенная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 6 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional (ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2025 года)), Microsoft Office 2007 Professional Plus (Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2025 года)).

Аудитории для проведения практических и лабораторных работ (Учебный центр №2):

16 посадочных мест

Оснащенность: Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) - 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) - 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) - 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 - 17 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), плакат - 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus; CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО), Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2025 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2025 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2025 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2025 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2025 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2025 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2025 года).

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2025 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2025 года)
Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2025 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2025 года).

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2025 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2025 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2025 года).

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1.

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

4. Санкт-Петербург, Малый проспект В.О., д.83, учебный центр №3, читальные залы.

Аудитории 327-329

Оснащенность: компьютерное кресло 7875 A2S – 35 шт., стол компьютерный – 11 шт., моноблок Lenovo 20 HD - 16 шт., доска настенная белая - 1 шт., монитор ЖК Philips - 1 шт., монитор HP L1530 15ftt - 1 шт., сканер Epson Perf.3490 Photo - 2 шт., системный блок HP6000 – 2 шт; стеллаж открытый - 18 шт., микрофон Д-880 с 071с.ч. - 2 шт., книжный шкаф - 15 шт., парта - 36 шт., стул - 40 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)

MARK-SQL, Ирбис, доступ в Интернет

Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

5. Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, учебный центр №1, читальный зал.

Аудитория 1165

Оснащенность: аппарат Xerox W.Centre 5230- 1 шт., сканер K.Filem - 1 шт., копировальный аппарат - 1 шт., кресло – 521AF-1 шт., монитор ЖК HP22 - 1 шт., монитор ЖК S.17 - 11 шт., принтер HP L/Jet - 1 шт., системный блок HP6000 Pro - 1 шт., системный блок Ramec S. E4300 – 10 шт.,

сканер Epson V350 - 5 шт., сканер Epson 3490 - 5 шт., стол 160×80×72 - 1 шт., стул 525 BFH030 - 12 шт., шкаф каталожный - 20 шт., стул «Кодоба» -22 шт., стол 80×55×72 - 10 шт.

6. Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2-4/45, учебный центр №1, читальный зал.

Аудитория 1171

Оснащенность: книжный шкаф 1000×3300×400-17 шт., стол, 400×180 Титаник «Рисо» - 1 шт., стол письменный с тумбой – 37 шт., кресло «Cannes» черное - 42 шт., кресло (кремовое) – 37 шт., телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT - 1 шт., Монитор Benq 24 - 18 шт., цифровой ИК-трансивер TAIDEN - 1 шт., пульт для презентаций R700-1 шт., моноблок Lenovo 20 HD - 19 шт., сканер Xerox 7600 - 4шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)

MARK-SQL, Ирбис, доступ в Интернет

Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).