

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

Северодонецкий технологический институт

Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись)
« 26 » 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Магнитные элементы электронных устройств»

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Магистерская программа «Промышленная электроника
и микропроцессорная техника»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (магистерская программа «Промышленная электроника и микропроцессорная техника») – 21 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» разработана в соответствии Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 82 от 08.02.2021 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Чебан В.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники « 05 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой ИТПЭ  В.Г. Чебан

Переутверждена: « » 20 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» « 16 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»



Ю.В. Бородач

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – изучение методов анализа режимов работы и принципов проектирования магнитных элементов электронных устройств.

Задачи:

- изучение основных типов магнитных элементов, используемых в составе электронных устройств, и принципов их работы;
- освоение методов анализа режимов работы и электромагнитных процессов, протекающих в магнитных элементах в составе полупроводниковых преобразователей электрической энергии;
- изучение основных свойств и характеристик промышленно выпускаемых магнитных материалов;
- приобретение навыков по проектированию магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей электрической энергии.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Магнитные элементы электронных устройств» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание принципов анализа электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях и подходы к построению моделей магнитных элементов; свойства современных магнитных материалов и типы магнитопроводов; современные подходы к проектированию магнитных элементов электронных устройств;

умения проводить исследование и расчёт электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях с магнитными элементами; разрабатывать имитационные и аналитические модели магнитных элементов электронных устройств; осуществлять обоснованный выбор магнитопроводов при проектировании магнитных элементов; проектировать магнитные элементы электронных устройств;

навыки проектирования магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей электрической энергии.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Импульсно-модуляционные системы», «Проектирование и технология электронной компонентной базы», «Электромагнитная совместимость электронных устройств».

Служит основой для изучения следующих дисциплин: приобретенные знания и умения используются при прохождении производственных практик, для выполнения и защиты ВКР.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-2. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	ПК-2.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований ПК-2.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования ПК-2.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных	Знать: способы организации и проведения экспериментальных исследований Уметь: самостоятельно проводить экспериментальные исследования Владеть: навыками самостоятельно проводить экспериментальные

	средств и методов	исследования
ПК-3. Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-3.1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований ПК-3.2. Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований. ПК-3.3. Владеет навыками подготовки заявок на изобретения	Знать: принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований Уметь: подготавливать научные публикации на основе результатов исследований Владеть: навыками подготовки заявок на изобретения
ПК-4. Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	ПК-4.1. Знает схемы и устройства изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения ПК-4.2. Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ ПК-4.3. Владеет навыками разработки архитектуры изделий микро- и нанoeлектроники	Знать: схемы и устройства изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения Уметь: подготавливать технические задания на выполнение проектных работ Владеть: навыками разработки архитектуры изделий микро- и нанoeлектроники

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	56	20
Лекции	28	8
Семинарские занятия	—	—
Практические занятия	28	12
Лабораторные работы	—	—
Курсовая работа (курсовой проект)	—	—
Другие формы и методы организации образовательного процесса	—	—
Самостоятельная работа студента (всего)	88	124
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Классификация магнитных элементов электронных устройств. Назначение магнитных элементов электронных устройств. Основные типы магнитных элементов электронных устройств. Требования, предъявляемые к магнитным элементам электронных устройств.

Тема 2. Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля. Основные физические величины теории магнитного поля: магнитная

индукция, напряженность магнитного поля, магнитный поток и потокоцепление. Закон полного тока в вакууме и веществе. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.

Тема 3. Сердечники магнитных элементов электронных устройств. Назначение и классификация сердечников. Функции сердечников в магнитных элементах. Типы сердечников. Справочные параметры сердечников и их использование при анализе и проектировании магнитных элементов.

Тема 4. Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов. Кривая намагничивания магнитного материала. Магнитная проницаемость. Основные параметры материала сердечника и критерии их выбора. Справочные параметры магнитных материалов. Современные классы и типы магнитных материалов.

Тема 5. Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей. Вольт-секундные интегралы и их выравнивание. Насыщение материала сердечника магнитного элемента: скорость развития процесса и последствия. Условия выключения силовых полупроводниковых ключей двухтактных и однотактных преобразователей. Требования и рекомендации по выбору режима работы магнитного материала.

Тема 6. Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов. Понятие немагнитного зазора и причины их введения в магнитные сердечники. Оценка влияния толщины немагнитного зазора на относительную магнитную проницаемость сердечника. Влияние толщины немагнитного зазора на кривую намагничивания магнитного материала: вычисление остаточной индукции.

Тема 7. Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами. Анализ электронных схем с реакторами. Анализ двухтактных электронных схем с трансформатором. Анализ однотактных электронных схем с трансформатором.

Тема 8. Проектирование сглаживающего дросселя. Описание методики проектирования сглаживающего дросселя. Пример проектирования сглаживающего дросселя.

Тема 9. Проектирование реактора переменного тока. Описание методики проектирования реактора переменного тока. Пример проектирования реактора переменного тока.

Тема 10. Проектирование трансформатора. Описание методики проектирования трансформатора. Пример проектирования трансформатора.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Классификация магнитных элементов электронных устройств	2	1
2	Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля	2	—
3	Сердечники магнитных элементов электронных устройств	2	1
4	Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов	2	—
5	Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей	2	1
6	Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов	2	1
7	Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами	4	1
8	Проектирование сглаживающего дросселя	4	1
9	Проектирование реактора переменного тока	4	1
10	Проектирование трансформатора	4	1
Итого:		28	8

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Составление классификации магнитных элементов электронных устройств	2	2
2	Определение параметров типовых сердечников магнитных элементов электронных устройств	2	—
3	Расчёт режима работы сердечника МЭЭУ	2	2
4	Расчёт параметров и режимов работы однообмоточного магнитного элемента на тороидальном сердечнике	2	—
5	Анализ электронных схем с магнитными элементами	2	—
6	Разработка математических моделей магнитных элементов электронных устройств	2	—
7	Расчет сглаживающего дросселя	2	—
8	Проектирование дросселей с подмагничиванием	4	2
9	Проектирование реакторов переменного тока	4	2
10	Расчет допустимых электромагнитных нагрузок трансформатора	2	2
11	Проектирование трансформаторов	4	2
Итого:		28	12

4.5. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.6 Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Классификация магнитных элементов электронных устройств	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	8
2	Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	8
3	Сердечники магнитных элементов электронных устройств	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9
4	Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9
5	Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9

6	Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9
7	Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9
8	Проектирование сглаживающего дросселя	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9
9	Проектирование ректора переменного тока	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	9
10	Проектирование трансформатора	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	7	9
11	Подготовка к экзамену	Проработка изученного материала	27	36
Итого:			88	124

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине

Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде, самостоятельная работа, проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Марков В.Ф. Материалы современной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева. – Электрон. текстовые данные. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 272 с. – 978-5-7996-1186-6. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69626.html>.

2. Обрусник В.П. Магнитные элементы электронных устройств: учеб. пособие / В.П. Обрусник – Томск: ТУСУР, 2012. – 125 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/ovp/meeu_up.pdf.

3. 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>.

б) Дополнительная литература:

1. Глебов, Б. А. Процессы перемагничивания ферромагнетиков и их моделирование : учебное пособие по курсу "Магнитные элементы электронных устройств" по направлению "Электроника и наноэлектроника" / Б. А. Глебов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-1678-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://elbib.mpei.ru/elbib/view.php?id=7697>.

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> .

Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф>
2. Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – <http://www.mnr.gov.ru>
3. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru>
4. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
5. Министерство природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР – <https://www.mprlnr.su>
6. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
7. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
8. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>
9. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru>
10. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» – <http://elibrary.ru>
4. ЭБС Издательства «ЛАНЬ» – <https://e.lanbook.com>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Магнитные элементы электронных устройств» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам. Лекционные и практические занятия могут проводиться в компьютерном классе (компьютеры с доступом в Интернет, предназначенные

для работы в электронной образовательной среде) или с применением презентационной техники (проектор, экран, компьютер).

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Магнитные элементы электронных устройств»

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по дисциплине)	Темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-2	Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	ПК-2.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований	Тема 1. Классификация магнитных элементов электронных устройств	3
			ПК-2.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования ПК-2.3. Владеет	Тема 2. Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля	3

			навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	Тема 3. Сердечники магнитных элементов электронных устройств	3
				Тема 4. Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов	3
				Тема 5. Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей	3
				Тема 6. Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов	3
				Тема 7. Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами	3
				Тема 8. Проектирование сглаживающего дросселя	3
				Тема 9. Проектирование ректора переменного тока	3
				Тема 10. Проектирование трансформатора	3
2	ПК-3	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные	ПК-3.1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований ПК-3.2. Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований.	Тема 1. Классификация магнитных элементов электронных устройств	3
				Тема 2. Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля	3
				Тема 3. Сердечники	3

		публикации и заявки на изобретения	ПК-3.3. Владеет навыками подготовки заявок на изобретения	магнитных элементов электронных устройств	
				Тема 4. Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов	3
				Тема 5. Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей	3
				Тема 6. Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов	3
				Тема 7. Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами	3
				Тема 8. Проектирование сглаживающего дросселя	
				Тема 9. Проектирование ректора переменного тока	
				Тема 10. Проектирование трансформатора	
3	ПК-4	Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на	ПК-4.1. Знает схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения ПК-4.2. Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ ПК-4.3. Владеет	Тема 1. Классификация магнитных элементов электронных устройств	3
				Тема 2. Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля	3
				Тема 3. Сердечники магнитных	3

		выполнение проектных работ	навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники	элементов электронных устройств	
				Тема 4. Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов	3
				Тема 5. Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковы х преобразователей	3
				Тема 6. Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов	3
				Тема 7. Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами	3
				Тема 8. Проектирование сглаживающего дросселя	
				Тема 9. Проектирование ректора переменного тока	
				Тема 10. Проектирование трансформатора	

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ПК-2	ПК-2.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований ПК-2.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования ПК-2.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	Знать: способы организации и проведения экспериментальных исследований Уметь: самостоятельно проводить экспериментальные исследования Владеть: навыками самостоятельно проводить экспериментальные исследования	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8. Тема 9. Тема 10.	Вопросы для контроля усвоения теоретического материала, тестовые задания, выполнение задания на практических занятиях
2	ПК-3	ПК-3.1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований ПК-3.2. Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований. ПК-3.3. Владеет навыками подготовки заявок на изобретения	Знать: принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований Уметь: подготавливать научные публикации на основе результатов исследований Владеть: навыками подготовки заявок на изобретения	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8. Тема 9. Тема 10.	Вопросы для контроля усвоения теоретического материала, тестовые задания, выполнение задания на практических занятиях

3	ПК-4	ПК-4.1. Знает схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения ПК-4.2. Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ ПК-4.3. Владеет навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники	Знать: схемы и устройства изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения Уметь: подготавливать технические задания на выполнение проектных работ Владеть: навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8. Тема 9. Тема 10.	Вопросы для контроля усвоения теоретического материала, тестовые задания, выполнение задания на практических занятиях
---	------	---	---	---	---

8.1. Тестовые задания

(низкий уровень)

- К магнитным элементам электронных устройств НЕ относится ...
 - дроссель
 - трансформатор
 - тиристор
 - дроссель насыщения
 - магнитный усилитель
- Увеличение частоты питающего напряжения магнитных элементов на этапе проектирования позволяет:
 - уменьшить объем элемента
 - уменьшить массу элемента
 - улучшить массо-габаритные показатели магнитного элемента и преобразовательного устройства в целом
 - все ответы правильные
- Увеличение частоты питающего напряжения магнитных элементов при эксплуатации позволяет:
 - уменьшить объем элемента
 - уменьшить массу элемента
 - улучшить массо-габаритные показатели магнитного элемента и преобразовательного устройства в целом
 - увеличить мощность элемента
- Изменение магнитного состояния ферромагнетика при его циклическом перемагничивании называется ...
 - магнезис
 - солярис
 - гистерезис
 - парамагнезис
- Процесс намагничивания для каждого ферромагнетика характеризуется ...
 - основной кривой намагничивания
 - кривой перемагничивания
 - неосновной кривой намагничивания
 - кривой замгничивания

6. Индукция магнитного потока в сердечнике ...
 - а) $V = \Phi / S \cdot c$
 - б) $V = \Phi \cdot S \cdot c$
 - в) $V = \Phi / d \cdot c$
 - г) $V = \Phi \cdot d \cdot c$
7. Воздушный зазор в сердечнике приводит к ...
 - а) увеличению магнитной проницаемости
 - б) уменьшению магнитной проницаемости
 - в) исчезновению магнитной
8. Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, предназначенное для ...
 - а) преобразования переменных напряжений и токов при передаче электроэнергии от источника к потребителю
 - б) повышения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к потребителю
 - в) понижения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к приемнику
 - г) улучшения формы электрического сигнала, передаваемого от источника к приемнику
9. Основными частями конструкции трансформатора являются:
 - а) обмотки, магнитная система (магнитопровод) и система охлаждения;
 - б) магнитная система (магнитопровод) и система охлаждения;
 - в) обмотки, магнитная система (магнитопровод);
 - г) обмотки и система охлаждения.
10. Коэффициент трансформации однофазного трансформатора равен отношению ...
 - а) мощности первичной обмотки к мощности вторичной обмотки
 - б) числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки
 - в) напряжения холостого хода к номинальному напряжению
 - г) тока холостого хода к номинальному току
11. Для трансформатора напряжения опасен режим:
 - а) холостого хода
 - б) режим работы при номинальной нагрузке
 - в) короткого замыкания
 - г) сброса нагрузки
 - д) наброса нагрузки
12. Для трансформатора тока опасен режим:
 - а) холостого хода
 - б) режим работы при номинальной нагрузке
 - в) короткого замыкания
 - г) сброса нагрузки
 - д) наброса нагрузки
13. Режим холостого хода характеризуется ...
 - а) разомкнутой вторичной цепью трансформатора;
 - б) замкнутой вторичной цепью на нагрузке вторичной цепи трансформатора;
 - в) замыканием вторичной цепи накоротко;
 - г) замыканием обеих цепей накоротко.
14. Нагрузочный режим характеризуется...
 - а) замыканием первичной цепи накоротко;
 - б) разомкнутой вторичной цепью трансформатора;
 - в) замыканием вторичной цепи накоротко;
15. Регулирование индуктивности в дросселе насыщения осуществляется за счет изменения
 - а) количества витков
 - б) площади сечения магнитопровода
 - в) усредненной протяженности магнитопровода
 - г) подмагничивания магнитопровода постоянным током

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	85 – 100% правильных ответов
4 (хорошо)	71 – 85% правильных ответов
3 (удовлетворительно)	61 – 70% правильных ответов
2 (неудовлетворительно)	60% правильных ответов и ниже

8.2. Вопросы для контроля усвоения теоретического материала (средний уровень)

1. Приведите классификацию и условные графические обозначения МЭЭУ.
2. Поясните конструктивное исполнение МЭЭУ, приведите эскизы.
3. Современные магнитные материалы и элементы.
4. Перечислите технические показатели и требования, предъявляемые к ферромагнитным материалам МЭЭУ.
5. Перечислите технические показатели и требования, предъявляемые к обмоточным материалам МЭЭУ.
6. Запишите и поясните формулы для мощности потерь в магнитопроводе и в обмотках МЭЭУ.
7. Запишите и поясните формулу для габаритной мощности МЭЭУ.
8. Физические основы ферромагнетизма. Кривая намагничивания.
9. Магнитная проницаемость. Статические и динамические характеристики магнитных материалов и сердечников.
10. Линейный дроссель - элемент электрической цепи переменного тока.
11. Дроссели электромагнитные – назначение и классификация.
12. Индуктивность дросселя без зазора и с зазором - получить формулу для индуктивности и пояснить входящие в нее величины.
13. Дроссели насыщения – назначение, условные обозначения и классификация.
14. Условные графические обозначения, схемы включения и эксплуатационные характеристики дросселей насыщения.
15. Магнитные усилители с внешней обратной связью – схема включения и назначение обмоток.
16. Магнитные усилители с внешней обратной связью – схема включения и регулировочная характеристика.
17. Магнитные усилители с внешней обратной связью – схема включения и статические характеристики.
18. Поясните принцип действия трансформатора.
19. Нарисуйте и поясните эквивалентную схему замещения двухобмоточного трансформатора.
20. Получите и поясните формулу для коэффициента трансформации трансформатора.
21. Запишите и поясните систему уравнений однофазного двухобмоточного трансформатора.
22. Работа трансформатора при синусоидальном напряжении высокой частоты.

Лектор или преподаватель, ведущий практические занятия по дисциплине производит устный опрос по пройденным теоретическим материалам и выставляет оценку в журнале с текущей успеваемостью.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«Вопросы для контроля усвоения теоретического материала»**

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
4 (хорошо)	Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

8.3 Практическое (прикладное) задание

(высокий уровень)

Задания, выполняемые на практических занятиях:

Задание 1. Составить классификацию магнитных элементов электронных устройств.

Задание 2. Определить параметры типовых сердечников магнитных элементов электронных устройств.

Задание 3. Рассчитать режим работы сердечника МЭЭУ.

Задание 4. Рассчитать параметры и режим работы однообмоточного магнитного элемента на тороидальном сердечнике

Задание 5. Выполнить анализ электронных схем с магнитными элементами.

Задание 6. Разработать математические модели магнитных элементов электронных устройств.

Задание 7. Рассчитать сглаживающий дроссель.

Задание 8. Выполнить проектирование дросселей с подмагничиванием.

Задание 9. Выполнить проектирование реакторов переменного тока.

Задание 10. Рассчитать допустимые электромагнитные нагрузки трансформатора.

Задание 11. Выполнить проектирование однофазного двухобмоточного трансформатора.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Практическое задание»

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
5 (отлично)	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.

4 (хорошо)	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках освоенного учебного материала.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.

8.4 Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену:

1. Назначение магнитных элементов электронных устройств.
2. Основные типы магнитных элементов электронных устройств.
3. Требования, предъявляемые к магнитным элементам электронных устройств.
4. Основные физические величины теории магнитного поля.
5. Закон полного тока в вакууме и веществе. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.
6. Назначение и классификация сердечников. Функции сердечников в магнитных элементах. Типы сердечников.
7. Справочные параметры сердечников и их использование при анализе и проектировании магнитных элементов.
8. Кривая намагничивания магнитного материала. Магнитная проницаемость.
9. Основные параметры материала сердечника и критерии их выбора. Справочные параметры магнитных материалов.
10. Современные классы и типы магнитных материалов.
11. Условия выключения силовых полупроводниковых ключей двухтактных и одноктактных преобразователей.
12. Требования и рекомендации по выбору режима работы магнитного материала.
13. Понятие немагнитного зазора и причины их введения в магнитные сердечники.
14. Оценка влияния толщины немагнитного зазора на относительную магнитную проницаемость сердечника.
15. Анализ электронных схем с реакторами.
16. Анализ двухтактных электронных схем с трансформатором.
17. Анализ одноктактных электронных схем с трансформатором.
18. Методика проектирования сглаживающего дросселя.
19. Методика проектирования реактора переменного тока.
20. Методика проектирования трансформатора.

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации «экзамен»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.

4 (хорошо)	Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
 - продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
 - продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			