

**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) « 06 » 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Магнитные элементы электронных схем»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль: Электронные приборы и устройства

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Магнитные элементы электронных схем» по направлению подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль «Электронные приборы и устройства») – 26 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Магнитные элементы электронных схем» разработана в соответствии Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. №927 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации №1456 от 26.11.2020 г., №83 от 08.02.2021 г., №662 от 19.07.2022 г. и №208 от 27.02.2023 г.)

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.ф.-м.н., доцент Василенко Н. А.

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, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – теоретическая и практическая подготовка в области электромагнитных элементов, используемых в электронике, а также формирование знаний их функционирования, применения и навыков проектирования.

Задачи: ознакомление студентов с принципами действия и основными физическими явлениями, лежащими в основе работы магнитных элементов, динамическими процессами при намагничивании ферромагнетиков, основными видами магнитных элементов, принципом работы, соотношения между параметрами, методами расчета.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Магнитные элементы электронных схем» относится к циклу профессиональных дисциплин по выбору.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики, основ измерительной техники, измерительных преобразователей, основ теории сигналов и цепей; умения использования персонального компьютера на уровне пользователя, работы в средах MATLAB и Multisim; навыки работы с измерительными приборами (мультиметр, осциллограф), генераторами гармонических и периодических сигналов.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Введение в технику измерений», «Основы отраслевых знаний», «Теория сигналов», «Теория электронных цепей», «Функциональная электроника» и служит основой для выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра. Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении дисциплин «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры», а также при прохождении преддипломной практики и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также	ПК-1.1. Знает математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники. ПК-1.2. Умеет строить физические и	Знать: математическое описание физических процессов, протекающих в материалах и магнитных компонентах; магнитные материалы и технологии их производства; алгоритмы расчета индуктивности рассеяния и собственной

использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	математические модели приборов, узлов, блоков. ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	емкости обмоток, теплового расчёта электромагнитных систем;
		Уметь: строить физические и математические модели магнитных элементов электронных схем, объяснять назначение и области применения магнитных элементов электронных схем; анализировать физические процессы, лежащие в основе работы магнитных элементов электронных схем.
		Владеть: навыками компьютерного моделирования и проектирования магнитных элементов электронных схем с учетом современных достижений науки и техники; проверки работоспособности электронных схем.
ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков. ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов.	Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик магнитных элементов электронных схем, компьютерные среды для моделирования элементов электронных устройств, перечень САПР, применяемых при проектировании магнитных элементов электронных схем;
		Уметь: проводить исследования характеристик магнитных элементов электронных схем, выбирать современную элементную базу и схемотехнические решения при моделировании магнитных элементов электронных схем;
		Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

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)	108 (3 зач. ед)	108 (3 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	48	16
Лекции	24	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	24	8
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	60	92
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение в электромагнетизм. Общие представления о природе магнетизма, динамические процессы при перемангничивании ферромагнетиков.

Значение, функции и области применения магнитных элементов в современной электронике. Историческая справка. Роль отечественных ученых и специалистов в формировании теории и методики расчёта, конструировании и технологии производства магнитных элементов. Основные термины и определения: электромагнетизм, динамические процессы при перемангничивании ферромагнетиков, связь между электрическими и магнитными величинами для сердечника с обмотками. Общие представления о природе магнетизма. Элементарные носители магнетизма.

Тема 2. Классификация магнитных элементов. Конструкция магнитных элементов.

Классификация магнитных элементов по выполняемым функциям: трансформаторы, дроссели, магнитные усилители, трансформаторные датчики, нелинейные магнитные элементы, управляемые магнитные ключи, удвоители и утроители частоты. Классификация магнитных элементов по области применения, режиму работы, мощности, напряжению, рабочей частоте, конструктивным признакам, применяемым материалам, трансформаторы в ключевых схемах. Конструкция магнитных элементов. Конструкции магнитопроводов: броневые, стержневые, тороидальные и т.д. Конструкции

обмоток. Виды и марки проводов, применяемых для изготовления обмоток различных магнитных элементов.

Тема 3. Магнитные материалы. Связь между электрическими и магнитными величинами.

Магнитные материалы и их классификация. Характеристики электротехнических сталей, сплавов, ферритов, магнитодиэлектриков. Температурная стабильность параметров. Технология производства магнитных материалов. Основные требования к материалам с прямоугольной петлей гистерезиса. Технология производства элементов с прямоугольной петлей гистерезиса.

Тема 4. Расчет индуктивности рассеяния. Расчёт собственной емкости обмоток.

Индуктивность рассеяния. Методы расчета индуктивности рассеяния для различных схем соединения обмоток. Сравнение величины индуктивности рассеяния для различных схем соединения обмоток. Рекомендации по снижению индуктивности рассеяния. Собственная емкость обмоток. Виды частных емкостей, присущих обмоткам магнитных элементов: емкость между внутренним слоем обмотки и магнитопроводов, емкость между слоями обмоток, емкость между обмотками и др. Электрическая схема расположения емкостей. Расчет частных емкостей и собственной емкости обмоток. Приведение емкостей обмоток к зажимам других обмоток.

Тема 5. Потери мощности в магнитопроводе сердечника при перемагничивании. Потери в обмотках магнитных элементов. Тепловые режимы магнитных элементов.

Потери мощности в магнитопроводе. Потери на вихревые токи, гистерезис, магнитную вязкость, неучтенные потери. Методы расчета потерь мощности. Магнитные накопители энергии - дроссели, анализ процессов в них, нелинейные магнитные элементы, управляемые магнитные ключи, двухтактный магнитный усилитель. Потери мощности в обмотках магнитных элементов. Потери на постоянном и переменном токе. Коэффициент добавочных потерь. Влияние поверхностного эффекта и эффекта близости на рост потерь. Расчет потерь в обмотках. Рекомендации по снижению данного вида потерь. Нагрев магнитных элементов. Общий подход к тепловому расчёту электромагнитных систем. Метод электротепловой аналогии. Применение общего метода для расчёта тепловых режимов. Определение перегрева поверхности и среднего перегрева обмоток. Тепловой режим при кратковременной и повторно-кратковременной работе.

Тема 6. Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах ключевых схем. Конструктивный расчет трансформаторов. Алгоритм расчета трансформатора.

Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах. Определение минимального объема магнитопровода. Определение

оптимального значения индукции в магнитопроводе. Эквивалентная схема трансформатора. Расчет трансформаторов при синусоидальном напряжении. Алгоритм расчета. Пример расчета. Расчет трансформаторов при несинусоидальном напряжении. Алгоритм расчета. Пример расчета. Расчет трансформаторов при импульсном напряжении. Алгоритм расчета.

Тема 7. Искажения сигналов в трансформаторе. Магнитные накопители энергии – электромагнитные дроссели, анализ процессов в них. Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов.

Искажения сигналов в трансформаторе. Анализ искажений передаваемого во вторичную обмотку тока и напряжения. Процессы, происходящие в импульсном трансформаторе при передаче импульса. Искажение при передаче несинусоидального напряжения произвольной формы. Электромагнитные дроссели. Эквивалентная схема замещения. Расчет индуктивности намагничивания. Определение и расчет добротности. Факторы, влияющие на добротность. Расчет дросселей фильтров. Расчет коммутирующих дросселей. Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов. Понятие о критической частоте. Определение границ частотных диапазонов. Критическая частота для трансформаторов. Критическая частота для дросселей.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение в электромагнетизм. Общие представления о природе магнетизма, динамические процессы при перемагничивании ферромагнетиков.	4	1
2	Классификация магнитных элементов. Конструкция магнитных элементов.	4	1
3	Магнитные материалы. Связь между электрическими и магнитными величинами.	4	1
4	Расчет индуктивности рассеяния. Расчёт собственной емкости обмоток.	2	1
5	Потери мощности в магнитопроводе сердечника при перемагничивании. Потери в обмотках магнитных элементов. Тепловые режимы магнитных элементов.	2	1
6	Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах ключевых схем. Конструктивный расчет трансформаторов. Алгоритм расчета трансформатора.	4	1
7	Искажения сигналов в трансформаторе. Магнитные накопители энергии – электромагнитные дроссели, анализ процессов в них. Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов.	4	2
Итого:		24	8

4.4. Практические занятия

Не предусмотрены учебным планом.

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчетные данные для конструкций магнитных элементов электронной техники.	2	-
2	Расчет температурной стабильности параметров магнитных материалов.	1	1
3	Расчет индуктивности рассеяния и собственной емкости обмоток.	1	-
4	Расчет потерь в обмотках. Рекомендации по снижению данного вида потерь.	1	1
5	Конструктивный расчет трансформаторов.	1	-
6	Алгоритм расчета трансформатора.	1	1
7	Расчет индуктивности намагничивания.	1	-
8	Расчет дросселей фильтров и коммутирующих дросселей.	1	1
9	Определение динамических характеристик магнитных материалов.	1	-
10	Расчет дросселя.	1	1
11	Расчет трансформатора.	1	-
12	Определение параметров трансформатора синусоидального напряжения.	2	1
13	Изучение формы искажений выходного напряжения в импульсном трансформаторе.	2	-
14	Определение параметров дросселя.	2	1
15	Определение характеристик трансформатора тока.	2	-
16	Расчет сетевого силового трансформатора	2	1
17	Расчет импульсного трансформатора двухтактного преобразователя.	2	-
Итого:		24	8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение в электромагнетизм. Общие представления о природе магнетизма, динамические процессы при перемагничивании ферромагнетиков.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	7	6
		Подготовка к тестированию	3	6
2	Классификация магнитных элементов. Конструкция магнитных элементов.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	6
3	Магнитные материалы. Связь между электрическими и магнитными величинами.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	7	6
		Подготовка к тестированию	3	6
4	Индуктивность рассеяния. Собственная емкость обмоток.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	6

5	Потери мощности в магнитопроводе сердечника при перемагничивании.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	6
	Потери в обмотках магнитных элементов. Тепловые режимы магнитных элементов.	Подготовка к тестированию	3	6
6	Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах ключевых схем. Конструктивный расчет трансформаторов. Алгоритм расчета трансформатора.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	6
7	Искажения сигналов в трансформаторе. Магнитные накопители энергии - электромагнитные дроссели, анализ процессов в них.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	6
		Подготовка к тестированию	3	6
8	Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	2
9	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	36	36
Итого:			60	92

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к лекциям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В зачетную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
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.	отлично (5)

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.	хорошо (4)
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.	удовлетворительно (3)
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	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Бялик А.Д., Материалы электронной техники. Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Бялик А.Д. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. - 99 с. - ISBN 978-5-7782-3222-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232228.html>

2. Шевченко А.Ф., Электрические машины с постоянными магнитами [Электронный ресурс]: учебное пособие / Шевченко А.Ф. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. - 64 с. - ISBN 978-5-7782-2862-7 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228627.html>

б) Дополнительная литература:

1. Бабичев, Ю. Е. Электротехника и электроника: в 2 т. Т.1. Электрические, электронные и магнитные цепи [Электронный ресурс]: Учебник для вузов / Бабичев Ю.Е. - Москва: Горная книга, 2007. - 615 с.: ISBN 978-5-91003-015-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/995983>

2. Гончаров, В. В. Ключевые элементы управления и их практическое значение [Электронный ресурс] / В. В. Гончаров. - Москва: МНИИПУ, 1998. - 192 с. - (Библиотечка менеджера). - ISBN 5-900003-10-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/372970>

3. Шестеркин, А. Н. Введение в электротехнику. Элементы и устройства вычислительной техники [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Шестеркин А.Н. - Москва: Гор. линия-Телеком, 2015. - 252 с. (Специальность. Учебное пособие для высших учебных заведений) ISBN 978-5-9912-0359-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/501265>

4. Шишкин, Г. Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Шишкин Г.Г., Агеев И.М., - 3-е изд.,

(эл.) - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. - 411 с.: ISBN 978-5-9963-2652-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544446>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Магнитные элементы электронных схем» / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 18 с.

2. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Магнитные элементы электронных схем» для студентов специальности «Электронные приборы и устройства» (электронное издание) / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко, В.Н. Куценко. – Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018. – 35 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

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

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MatLab и компьютерной среды для моделирования MultiSim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

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. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт
фонда оценочных средств по учебной дисциплине
«Магнитные элементы электронных схем»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Введение в электромагнетизм. Общие представления о природе магнетизма, динамические процессы при перемагничивании и ферромагнетиков.	1
				Тема 2 Классификация магнитных элементов. Конструкция магнитных элементов.	1
				Тема 3 Магнитные материалы. Связь между электрическими и магнитными величинами.	1
				Тема 4 Расчет индуктивности рассеяния. Расчёт собственной емкости обмоток.	1
				Тема 5 Потери мощности в магнитопроводе сердечника при перемагничивании. Потери в обмотках магнитных элементов.	1

				Тепловые режимы магнитных элементов.	
				Тема 6 Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах ключевых схем. Конструктивный расчет трансформаторов. Алгоритм расчета трансформатора.	1
				Тема 7 Искажения сигналов в трансформаторе. Магнитные накопители энергии – электромагнитные дроссели, анализ процессов в них. Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов.	1
2.	ПК-2	Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1. ПК-2.2.	Тема 1 Введение в электромагнетизм. Общие представления о природе магнетизма, динамические процессы при перемагничивании и ферромагнетиков.	1
				Тема 3 Магнитные материалы. Связь между электрическими и магнитными величинами.	1

				Тема 4 Расчет индуктивности рассеяния. Расчёт собственной емкости обмоток.	1
				Тема 5 Потери мощности в магнитопроводе сердечника при перемагничивании. Потери в обмотках магнитных элементов. Тепловые режимы магнитных элементов.	1
				Тема 6 Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах ключевых схем. Конструктивный расчет трансформаторов. Алгоритм расчета трансформатора.	1
				Тема 7 Искажения сигналов в трансформаторе. Магнитные накопители энергии – электромагнитные дроссели, анализ процессов в них. Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов.	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
-------	--------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--	----------------------------------

		и (по реализуемой дисциплине)			
1.	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Знать: математическое описание физических процессов, протекающих в материалах и магнитных компонентах; магнитные материалы и технологии их производства; алгоритмы расчета индуктивности рассеяния и собственной емкости обмоток, теплового расчёта электромагнитных систем; Уметь: строить физические и математические модели магнитных элементов электронных схем, объяснять назначение и области применения магнитных элементов электронных схем; анализировать физические процессы, лежащие в основе работы магнитных элементов электронных схем. Владеть: навыками компьютерного моделирования и проектирования магнитных элементов электронных схем с учетом современных	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			достижений науки и техники; проверки работоспособности и электронных схем.		
2.	ПК-2	ПК-2.1. ПК-2.2.	Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик магнитных элементов электронных схем, компьютерные среды для моделирования элементов электронных устройств, перечень САПР, применяемых при проектировании магнитных элементов электронных схем; Уметь: проводить исследования характеристик магнитных элементов электронных схем, выбирать современную элементную базу и схемотехнические решения при моделировании магнитных элементов электронных схем; Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Тема 1, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Лабораторная работа 3, Лабораторная работа 4, Лабораторная работа 16, Лабораторная работа 17	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

Фонды оценочных средств по дисциплине «Магнитные элементы электронных схем»

Контрольные вопросы к лекциям:

1. Классификация магнитных элементов по выполняемым функциям.
2. Трансформаторы.
3. Дроссели.
4. Магнитные усилители.
5. Трансформаторные датчики.
6. Нелинейные магнитные элементы.
7. Управляемые магнитные ключи.
8. Удвоители и утроители частоты.
9. Классификация магнитных элементов по области применения, режиму работы, мощности, напряжению, рабочей частоте, конструктивным признакам, применяемым материалам.
10. Трансформаторы в ключевых схемах.
11. Конструкция магнитных элементов.
12. Конструкции магнитопроводов: броневые, стержневые, тороидальные.
13. Конструкции обмоток.
14. Виды и марки проводов, применяемых для изготовления обмоток различных магнитных элементов.
15. Магнитные материалы и их классификация.
16. Характеристики электротехнических сталей, сплавов, ферритов, магнитодиэлектриков.
17. Температурная стабильность параметров.
18. Технология производства магнитных материалов.
19. Основные требования к материалам с прямоугольной петлей гистерезиса.
20. Технология производства элементов с прямоугольной петлей гистерезиса.
21. Индуктивность рассеяния.
22. Методы расчета индуктивности рассеяния для различных схем соединения обмоток.
23. Сравнение величины индуктивности рассеяния для различных схем соединения обмоток.
24. Рекомендации по снижению индуктивности рассеяния.
25. Собственная емкость обмоток.
26. Виды частных емкостей, присущих обмоткам магнитных элементов.
27. Емкость между внутренним слоем обмотки и магнитопроводов.
28. Емкость между слоями обмоток.
29. Емкость между обмотками.
30. Электрическая схема расположения емкостей.
31. Расчет частных емкостей и собственной емкости обмоток.
32. Приведение емкостей обмоток к зажимам других обмоток.
33. Потери мощности в магнитопроводе.
34. Потери на вихревые токи, гистерезис, магнитную вязкость, неучтенные потери.
35. Методы расчета потерь мощности.
36. Магнитные накопители энергии - дроссели, анализ процессов в них.
37. Нелинейные магнитные элементы.
38. Управляемые магнитные ключи.

39. Двухтактный магнитный усилитель.
40. Потери мощности в обмотках магнитных элементов.
41. Потери на постоянном и переменном токе.
42. Коэффициент добавочных потерь.
43. Влияние поверхностного эффекта и эффекта близости на рост потерь.
44. Расчет потерь в обмотках.
45. Рекомендации по снижению потерь в обмотках.
46. Нагрев магнитных элементов.
47. Общий подход к тепловому расчёту электромагнитных систем.
48. Метод электротепловой аналогии.
49. Применение общего метода для расчёта тепловых режимов.
50. Определение перегрева поверхности и среднего перегрева обмоток.
51. Тепловой режим при кратковременной и повторно-кратковременной работе.
52. Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах.
53. Определение минимального объема магнитопровода.
54. Определение оптимального значения индукции в магнитопроводе.
55. Эквивалентная схема трансформатора.
56. Расчет трансформаторов при синусоидальном напряжении.
57. Расчет трансформаторов при несинусоидальном напряжении.
58. Расчет трансформаторов при импульсном напряжении.
59. Искажения сигналов в трансформаторе.
60. Анализ искажений передаваемого во вторичную обмотку тока и напряжения.
61. Процессы, происходящие в импульсном трансформаторе при передаче импульса.
62. Искажение при передаче несинусоидального напряжения произвольной формы.
63. Электромагнитные дроссели. Эквивалентная схема замещения.
64. Расчет индуктивности намагничивания.
65. Определение и расчет добротности.
66. Факторы, влияющие на добротность.
67. Расчет дросселей фильтров.
68. Расчет коммутирующих дросселей.
69. Выбор оптимальной частоты для магнитных элементов.
70. Понятие о критической частоте.
71. Определение границ частотных диапазонов.
72. Критическая частота для трансформаторов.
73. Критическая частота для дросселей.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу

	своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Каково значение, функции и области применения магнитных элементов в современной электронике?
2. Какова роль отечественных ученых и специалистов в формировании теории и методики расчёта, конструировании и технологии производства магнитных элементов?
3. В чем сущность явления электромагнетизма?
4. Опишите динамические процессы при перемагничивании ферромагнетиков.
5. Какова связь между электрическими и магнитными величинами для сердечника с обмотками?
6. Каковы общие представления о природе магнетизма?
7. Назовите четыре основных типоразмеров магнитных элементов электронных устройств, их отличительные свойства.
8. Приведите схему одной из типовых конструкций магнитных элементов электронных устройств.
9. Приведите схему сечения магнитопровода МЭ, выполненного на двух типовых сердечниках (броневое, стержневое или тороидальное исполнения).
10. Для чего используют МЭ с неполным заполнением окна?
11. Почему при естественном охлаждении формула для поверхности охладителей катушек берется для случая полного заполнения окна, хотя оно неполное?
12. Как определить объем магнитопровода и катушек?
13. Составить и записать выражения для L_c и L_k типовых конструкций МЭ.
14. От каких величин и параметров зависит входная мощность МЭ?
15. Какие величины определяют потери мощности в сердечниках магнитопровода?
16. Какими величинами определяется плотность тока в обмотках?
17. Формула закона электромагнитной индукции, пояснить её составляющие.
18. Формула закона полного тока, пояснить её составляющие.
19. Кривая намагничивания. Нарисовать и пояснить её свойства.

20. Разновидность МЭ по их функциональному назначению (назвать основные).
21. Чем отличается дроссель от дросселя насыщения?
22. Чем отличается магнитный усилитель от дросселя насыщения?
23. Схема замещения трансформатора и состав её параметров.
24. Чем отличается трансформатор напряжения от трансформатора тока?
25. Как найти коэффициент трансформации трансформатора напряжения?
26. Как определить КПД и коэффициент мощности трансформатора напряжения?
27. Как проверить правильность заполнения окна магнитопровода обмотками?
28. Какие параметры определяют допустимые потери мощности в обмотках МЭ?
29. Какие параметры определяют допустимые потери мощности в магнитопроводе?.
30. Принцип действия трансформатора напряжения.
31. Охарактеризовать четыре типа ферроматериалов для магнитопроводов МЭ, их показатели.
32. Какие параметры определяют рабочую индукцию МЭ?
33. Какие параметры определяют плотность тока в обмотках?
34. Как определить ток намагничивания трансформатора напряжения?
35. Как определить ток короткого замыкания трансформатора напряжения?
36. Отличительные свойства ферритов, когда они применяются?
37. От чего зависит индуктивность обмоток? От потоков рассеяния? Как её уменьшить?
38. Что является центральным для установления номинальных значений токов и напряжений обмоток МЭ?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Наилучшими технико-экономическими показателями обладают магнитные элементы:
А) броневые;
Б) стержневые;
В) тороидальные;
Г) чашечные.
2. Наименьшее рассеяние магнитного потока имеют магнитные элементы:
А) броневые;
Б) стержневые;
В) тороидальные;
Г) чашечные.
3. При частотах более 20÷25 кГц имеет место перегрев магнитопровода собственными потерями мощности на вихревые токи и гистерезис в магнитных элементах:
А) броневых;
Б) стержневых;
В) тороидальных;
Г) чашечных.
4. Для частот индукции менее 500 Гц магнитопровода выполняются из штампованных пластин толщиной:
А) 2 мкм и более;
Б) 20 мкм и более;
В) 0,2 мм и более;
Г) 2 мм и более.
5. Наиболее часто применяются конструкции МЭ:
А) броневые;
Б) стержневые;
В) тороидальные;
Г) чашечные.
6. В устройствах преобразования параметров электроэнергии удельный вес магнитных элементов составляет по объему:
А) до 40 %;
Б) до 60 %;
В) до 80 %;
Г) до 90 %.
7. Резонанс в металлическом бруске наступает, если:

- А) его длина равна половине длины акустической волны;
- Б) длина бруска равна удвоенной его толщине;
- В) по бруску распространяется акустическая волна.

8. Делителем мощности называется устройство:

- А) предназначенное для распределения мощности между двумя или несколькими каналами;
- Б) сводящее в один канал мощность двух или нескольких источников;
- В) многоканальный делитель, состоящий из простейших двухканальных элементов деления.

9. Выпрямитель преобразует:

- А) переменный ток в постоянный;
- Б) переменное напряжение в постоянное;
- В) переменное напряжение в постоянный ток.

10. Основными электрическими параметрами конденсатора являются:

- А) емкость и рабочее напряжение;
- Б) емкость, сопротивление потерь, индуктивность вывода;
- В) рабочее напряжение, емкость, сопротивление потерь.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Нелинейные магнитные элементы.
2. Управляемые магнитные ключи.
3. Удвоители и утроители частоты.
4. Трансформаторы в ключевых схемах.
5. Конструкция магнитных элементов.
6. Конструкции магнитопроводов.
7. Конструкции обмоток.
8. Магнитные материалы и их классификация.
9. Технология производства магнитных материалов.
10. Технология производства элементов с прямоугольной петлей гистерезиса.

- 11.Индуктивность рассеяния.
- 12.Собственная емкость обмоток.
- 13.Потери мощности в магнитопроводе.
- 14.Методы расчета потерь мощности.
- 15.Нелинейные магнитные элементы.
- 16.Управляемые магнитные ключи.
- 17.Двухтактный магнитный усилитель.
- 18.Потери мощности в обмотках магнитных элементов.
- 19.Потери на постоянном и переменном токе.
- 20.Коэффициент добавочных потерь.
- 21.Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах.
- 22.Эквивалентная схема трансформатора.
- 23.Искажения сигналов в трансформаторе.
- 24.Процессы, происходящие в импульсном трансформаторе при передаче импульса.
- 25.Электромагнитные дроссели.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме 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.
хорошо (4)	Студент 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.
удовлетворительно (3)	Студент 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.
неудовлетворительно (2)	Студент 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. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

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