


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. декана факультета  
радиотехники и электроники  
Факультет  
радиотехники  
и электроники  
Небольсин В.А.  
«07» февраля 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**«Магнитные материалы и компоненты»**

**Направление подготовки** 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

**Профиль** Силовая электроника


**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года 3 мес

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2024


Автор программы

 /Пирогов А.А./

Заведующий кафедрой  
конструирования и  
производства  
радиоаппаратуры

 /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП

 / Башкиров А.В./

Воронеж 2024

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Получение теоретических знаний об основах магнитодинамики и свойствах магнитного поля. Изучение практических аспектов анализа и проектирования высокочастотных магнитных компонентов (трансформаторов, дросселей).

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Изучение практических аспектов анализа и проектирования высокочастотных магнитных компонентов (трансформаторов, дросселей).

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Магнитные материалы и компоненты» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Магнитные материалы и компоненты» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - 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

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-1	знать основы методов проектирования устройств силовой электроники с использованием магнитных материалов
	уметь применять методы измерения магнитных величин; обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию магнитных материалов в приборах и устройствах силовой электроники
	владеть навыками обработки и оценки погрешности измерений параметров магнитных материалов силовой электроники; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик магнитных материалов

## **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины «Магнитные материалы и компоненты» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

### очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы	36	36
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Пр	СРС	Всего, час
1	Магнитное поле.	Магнитное поле, его свойства и характеристики. Энергия магнитного поля. Конфигурация магнитного поля в средах с высокой магнитной проницаемостью.	4	4	20	28
2	Ферромагнетизм.	Физическая природа ферромагнетизма. Ферромагнетики и Антиферромагнетики. Зависимость магнитных свойств ферромагнетиков от температуры, от напряженности внешнего магнитного поля. Доменная структура ферромагнетиков. Магнитная анизотропия. Процессы при намагничивании ферромагнетиков. Кривая намагничивания при циклическом перемагничивании. Магнитный гистерезис. Перемагничивание ферромагнетиков в переменных электромагнитных полях. Высокочастотные потери в ферромагнетиках. Скин-эффект, эффект близости.	4	4	20	28
3	Классификация магнитных материалов.	Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие материалы, магнито жесткие материалы, материалы специального назначения. Классификация высокочастотных магнитных материалов. Ферриты и их характеристики. Магнитодиэлектрики и их характеристики. Магнитные пленки, монокристаллические магнитные пленки с цилиндрическими магнитными доменами, устройство памяти на ЦМД.	4	2	20	26
4	Применение магнитных компонентов в устройствах силовой электроники	Магнитные компоненты в устройствах силовой электроники, их частотные свойства. Потери в магнитных материалах. Классификация магнитных потерь. Дроссели, их параметры, особенности использования в устройствах силовой электроники. Трансформаторы преобразовательных устройств, их виды и методы проектирования. Оптимизация параметров магнитных компонентов	2	2	22	26
<b>Итого</b>			<b>14</b>	<b>12</b>	<b>82</b>	<b>108</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	знать основы методов проектирования устройств силовой электроники с использованием магнитных материалов	Активная работа на практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять методы измерения магнитных величин; обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию магнитных материалов в приборах и устройствах силовой электроники	Решение не менее половины стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками обработки и оценки погрешности измерений параметров магнитных материалов силовой электроники; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	магнитных материалов			
--	----------------------	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	знать основы методов проектирования устройств силовой электроники с использованием магнитных материалов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять методы измерения магнитных величин; обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию магнитных материалов в приборах и устройствах силовой электроники	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками обработки и оценки погрешности измерений параметров магнитных материалов силовой электроники; методами экспериментальных исследований параметров и характеристик магнитных материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

**7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

#### 7.2.1 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Использование Matlab Optimization Tool для оптимизации электрической схемы, содержащей магнитные компоненты.

2. Моделирование в Matlab электрической схемы, содержащей магнитные компоненты.

3. Моделирование в САПР EMAP распределения магнитного поля в пространстве.

#### 7.2.2 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- 1) Магнитное поле, его свойства и характеристики.
- 2) Энергия магнитного поля.
- 3) Конфигурация магнитного поля в средах с высокой магнитной проницаемостью.
- 4) Физическая природа ферромагнетизма.
- 5) Ферромагнетики и Антиферромагнетики.
- 6) Зависимость магнитных свойств ферромагнетиков от температуры, от напряженности внешнего магнитного поля.
- 7) Доменная структура ферромагнетиков.
- 8) Магнитная анизотропия.
- 9) Процессы при намагничивании ферромагнетиков.
- 10) Кривая намагничивания при циклическом перемагничивании.
- 11) Магнитный гистерезис.
- 12) Перемагничивание ферромагнетиков в переменных электромагнитных полях.
- 13) Высокочастотные потери в ферромагнетиках.
- 14) Скин-эффект, эффект близости.
- 15) Классификация магнитных материалов.
- 16) Магнитомягкие материалы, магнитожесткие материалы, материалы специального назначения.
- 17) Классификация высокочастотных магнитных материалов.
- 18) Ферриты и их характеристики.
- 19) Магнитодиэлектрики и их характеристики.
- 20) Магнитные пленки, монокристаллические магнитные пленки с цилиндрическими магнитными доменами, устройство памяти на ЦМД.
- 21) Магнитные компоненты в устройствах силовой электроники, их частотные свойства.
- 22) Потери в магнитных материалах.
- 23) Классификация магнитных потерь.
- 24) Дроссели, их параметры, особенности использования в устройствах силовой электроники.
- 25) Трансформаторы преобразовательных устройств, их виды и методы проектирования.
- 26) Оптимизация параметров магнитных компонентов

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.4. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

### **7.2.5 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Магнитное поле.	ПК-3	Тест
2	Ферромагнетизм.	ПК-3	Тест
3	Классификация магнитных материалов.	ПК-3	Тест
4	Применение магнитных компонентов в устройствах силовой электроники	ПК-3	Тест

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Подгорный В.В., Семенов Е.С. Источники вторичного электропитания. Практикум / -М.: Издательство "Горячая линия-Телеком", 2016. – 150 с.

<https://e.lanbook.com/book/111088>

2. Теория работы и расчет импульсных преобразователей напряжения / -М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2015, - 30 с.

<https://e.lanbook.com/book/103376>

3. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радио-электронных устройств (часть 1): учебное пособие /В.А. Кологривов  
Томск: ТУСУР – 2012. 120 с.:  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4930](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4930)

4. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радио-электронных устройств (часть 2): Учебное пособие / Томск : ТУСУР – 2012. 132 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4929](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4929)

5. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы: Учеб. пособие. 9-е изд./В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=300](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=300)

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> - единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> - федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;

<http://www.iprbookshop.ru/> - электронная библиотечная система IPRbooks;

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

<https://docplan.ru/> - бесплатная база ГОСТ.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети Интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор на кронштейне;
- экран настенный

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий (компьютерный класс), оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 11 шт.;
- принтер цветной лазерный;



- 3D принтер «Альфа-2»;
- доска магнитно-маркерная поворотная

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
- принтер;
- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Магнитные материалы и компоненты» читаются лекции.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

### 11 Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			