

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Промышленная электроника и микропроцессорная техника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Магнитные элементы электронных устройств**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186	

(подпись)

М.Г.

Асташев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
Идентификатор	R6be8dfb1-RashitovPA-1953162c	

(подпись)

П.А.

Рашитов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186	

(подпись)

М.Г.

Асташев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить и сопровождать работы по проектированию устройств электроники и нанoeлектроники в соответствии с требованиями технического задания

ИД-1 Знает современный технологический базис и технические решения и осуществляет выбор на основе технических требований к устройствам электроники и нанoeлектроники

ИД-2 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач, компьютерного моделирования и верификации моделей элементов, узлов и блоков электронного устройства

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Магнитные материалы сердечников магнитных элементов (Тестирование)
2. Физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля (Тестирование)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания №1 "Проектирование многообмоточного магнитного элемента" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ электронных схем с магнитным элементом (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Классификация магнитных элементов электронных устройств, физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля					
Классификация магнитных элементов электронных устройств	+				
Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля	+				
Сердечники магнитных элементов электронных устройств					

Назначение и классификация сердечников		+		
Ферромагнитные материалы сердечников магнитных элементов		+		
Анализ электронных схем с магнитными элементами				
Особенности работы магнитных элементов в составе полупроводниковых преобразователей			+	
Немагнитные зазоры в сердечниках магнитных материалов			+	
Базовые подходы к анализу электронных схем с магнитными элементами			+	
Проектирование реакторов и трансформаторов				
Проектирование сглаживающего дросселя				+
Проектирование ректора переменного тока				+
Проектирование трансформатора				+
Вес КМ:	15	15	25	45

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает современный технологический базис и технические решения и осуществляет выбор на основе технических требований к устройствам электроники и нанoeлектроники	Знать: свойства современных магнитных материалов и типы магнитопроводов; современные подходы к проектированию магнитных элементов электронных устройств Уметь: осуществлять обоснованный выбор магнитопроводов при проектировании магнитных элементов; проектировать магнитные элементы электронных устройств	Магнитные материалы сердечников магнитных элементов (Тестирование) Защита расчетного задания №1 "Проектирование многообмоточного магнитного элемента" (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач, компьютерного моделирования и верификации моделей элементов, узлов и блоков	Знать: принципы анализа электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях и подходы к построению моделей магнитных	Физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля (Тестирование) Анализ электронных схем с магнитным элементом (Контрольная работа)

	электронного устройства	элементов Уметь: проводить исследование и расчёт электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях с магнитными элементами; разрабатывать имитационные и аналитические модели магнитных элементов электронных устройств	
--	-------------------------	--	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Мероприятие проводится в рамках практического занятия. Студентам раздаются варианты теста и предоставляется 45 минут для самостоятельного решения заданий теста.

#### Краткое содержание задания:

Проводится контроль знаний и основных физических величин, законов и соотношений теории магнитного поля, а также умения их практического применения

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы анализа электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях и подходы к построению моделей магнитных элементов

#### 1. Размерность напряженности магнитного поля в системе СИ:

A. Вб (Вебер);	C. Тл (Тесла);
B. А/м (Ампер, делёный на метр);	D. Гс (Гаусс).

#### 2. Закон полного тока в веществе устанавливает связь циркуляции вектора магнитной индукции по замкнутому контуру с:

A. напряженностью магнитного поля;	C. всеми охваченными контуром микротоками вещества и макротоками;
B. макротоками, охваченными контуром;	D. магнитным потоком.

#### 3. Магнитная проводимость сердечника зависит от:

A. числа витков намотанной на него обмотки;	C. его геометрических размеров и магнитной проницаемости;
B. индукции магнитного поля в нём;	D. его геометрических размеров, магнитной проницаемости и числа витков намотанной на нём обмотки.

#### 4. На тороидальном сердечнике намотана алюминиевая обмотка, содержащая 20 витков. Внутренний диаметр сердечника – 20 мм, внешний диаметр – 40 мм, высота сердечника – 20 мм, относительная магнитная проницаемость – 1500. Индуктивность обмотки МЭ равна:

A. 1,6 мГн;	C. 200 нГн;
B. 20 нГн;	D. 50 мГн.

#### 5. На магнитном сердечнике намотаны 2 обмотки.

	<p><b>Первая содержит 10 витков, вторая – 50 витков. В первичной обмотке скачком оборвался ток величиной 10А, во вторичной обмотке скачком появился ток величиной:</b></p> <table border="1"> <tr> <td><i>A. 50 А;</i></td> <td><i>C. 2 А;</i></td> </tr> <tr> <td><i>B. 250 А;</i></td> <td><i>D. 0,4 А.</i></td> </tr> </table>		<i>A. 50 А;</i>	<i>C. 2 А;</i>	<i>B. 250 А;</i>	<i>D. 0,4 А.</i>
	<i>A. 50 А;</i>	<i>C. 2 А;</i>				
	<i>B. 250 А;</i>	<i>D. 0,4 А.</i>				
	<p><b>6.Первичную обмотку двухобмоточного трансформатора на короткое время подключили к источнику постоянной, не изменяющейся во времени ЭДС. Опишите режим работы трансформатора:</b></p> <table border="1"> <tr> <td><i>A. трансформатор вышел из строя;</i></td> <td><i>C. в первичной обмотке линейно нарастает ток, напряжение на вторичной обмотке равно напряжению первичной обмотки, умноженному на отношение чисел их витков;</i></td> </tr> <tr> <td><i>B. в первичной обмотке начал нарастать ток, напряжение на вторичной обмотке равно нулю;</i></td> <td><i>D. возникло короткое замыкание цепи источника ЭДС.</i></td> </tr> </table>		<i>A. трансформатор вышел из строя;</i>	<i>C. в первичной обмотке линейно нарастает ток, напряжение на вторичной обмотке равно напряжению первичной обмотки, умноженному на отношение чисел их витков;</i>	<i>B. в первичной обмотке начал нарастать ток, напряжение на вторичной обмотке равно нулю;</i>	<i>D. возникло короткое замыкание цепи источника ЭДС.</i>
	<i>A. трансформатор вышел из строя;</i>	<i>C. в первичной обмотке линейно нарастает ток, напряжение на вторичной обмотке равно напряжению первичной обмотки, умноженному на отношение чисел их витков;</i>				
	<i>B. в первичной обмотке начал нарастать ток, напряжение на вторичной обмотке равно нулю;</i>	<i>D. возникло короткое замыкание цепи источника ЭДС.</i>				
	<p><b>7.Обмотку дросселя на короткое время подключили к источнику переменной, изменяющейся во времени ЭДС синусоидальной формы. Опишите режим работы дросселя:</b></p> <table border="1"> <tr> <td><i>A. дроссель вышел из строя;</i></td> <td><i>C. в обмотке линейно нарастает ток, напряжение на обмотке равно напряжению источника;</i></td> </tr> <tr> <td><i>B. в обмотке начал нарастать ток, напряжение на обмотке равно нулю;</i></td> <td><i>D. возникло короткое замыкание цепи источника ЭДС.</i></td> </tr> </table>		<i>A. дроссель вышел из строя;</i>	<i>C. в обмотке линейно нарастает ток, напряжение на обмотке равно напряжению источника;</i>	<i>B. в обмотке начал нарастать ток, напряжение на обмотке равно нулю;</i>	<i>D. возникло короткое замыкание цепи источника ЭДС.</i>
	<i>A. дроссель вышел из строя;</i>	<i>C. в обмотке линейно нарастает ток, напряжение на обмотке равно напряжению источника;</i>				
	<i>B. в обмотке начал нарастать ток, напряжение на обмотке равно нулю;</i>	<i>D. возникло короткое замыкание цепи источника ЭДС.</i>				

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильно выбраны (отмечены) варианты ответов в 85 и более процентах заданий теста.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильно выбраны (отмечены) варианты ответов в 70 и более процентах заданий теста.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильно выбраны (отмечены) варианты ответов в 40 и более процентах заданий теста.*



## КМ-2. Магнитные материалы сердечников магнитных элементов

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Мероприятие проводится в рамках практического занятия. Студентам раздаются варианты теста и предоставляется 45 минут для самостоятельного решения заданий теста.

### Краткое содержание задания:

Проводится контроль знаний основных характеристик сердечников магнитных элементов электронных устройств, а также умений использования параметров сердечника при проведении расчетов

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: свойства современных магнитных материалов и типы магнитопроводов; современные подходы к проектированию магнитных элементов электронных устройств

#### 1. Основная кривая намагничивания это:

<i>A. Предельная петля гистерезиса;</i>	<i>C. Идеальная кривая намагничивая;</i>
<i>B. Кривая начального намагничивания;</i>	<i>D. Кривая, соединяющая вершины частных циклов перемагничивания.</i>

#### 2. Выберите группу наиболее дешёвых магнитных материалов:

<i>A. High Flux и MPP;</i>	<i>C. MPP и Cool Mμ;</i>
<i>B. Феррит и ПРЖ;</i>	<i>D. Cool Mμ МАХ и феррит.</i>

#### 3. Неравенство нулю вольт-секундного интеграла за период приведёт к:

<i>A. переходу сердечника в режим насыщения;</i>	<i>C. резкому увеличению коэрцитивной силы;</i>
<i>B. обнулению магнитной индукции в сердечнике;</i>	<i>D. скачкообразному увеличению остаточной индукции.</i>

#### 4. На сердечнике E 20/10/6, выполненном из материала N87, намотана обмотка из 10 витков.

**Индуктивность этой обмотки равна:**

<i>A. 1500 нГн;</i>	<i>C. 14,7 мкГн;</i>
<i>B. 1,5 мГн;</i>	<i>D. 0,147 мГн.</i>

#### 5. На обмотку (см. предыдущий вопрос) подано переменное напряжение с частотой 200 кГц, амплитуда индукции в сердечнике – 50 мТл, температура сердечника - 100°С, мощность потерь в сердечнике составляет:

<i>A. 4,7 Вт;</i>	<i>C. 17 Вт;</i>
<i>B. 0,0447 Вт;</i>	<i>D. 1,7 Вт.</i>

#### 6. Определить амплитуду переменного прямоугольного симметричного напряжения, которым перемагничивается обмотка (см.

	<b>предыдущий вопрос):</b>	
	A. 10 В;	C. 5,16 В;
	B. 12,84 В;	D. 25 В.
	<b>7. Определить амплитуду переменного пилообразного симметричного напряжения, которым перемагничивается обмотка (см. предыдущий вопрос):</b>	
	A. 20 В;	C. 10,32 В;
	B. 25,68 В;	D. 50 В.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильно выбраны (отмечены) варианты ответов в 85 и более процентах заданий теста.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильно выбраны (отмечены) варианты ответов в 70 и более процентах заданий теста.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильно выбраны (отмечены) варианты ответов в 40 и более процентах заданий теста.*

**КМ-3. Анализ электронных схем с магнитным элементом**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Мероприятие проводится в рамках практического занятия. В начале занятия студентам выдается задание на контрольную работу и предоставляется 2 академических часа на её самостоятельное выполнение

**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка предназначена для проведения контроля знаний студентов в части подходов к проведению анализа процессов в магнитных элементах в составе электронных схем и умения проводить анализ процессов в данных электронных схемах. Контроль осуществляется в рамках контрольной работы, предполагающей решение задачи на анализ электромагнитных процессов в полупроводниковом преобразователе электрической энергии с магнитным элементом.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проводить исследование и расчёт электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях с магнитными элементами; разрабатывать имитационные и аналитические модели магнитных элементов электронных устройств	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить временную диаграмму изменения магнитной индукции в сердечнике магнитного элемента</li> <li>2. Построить временную диаграмму тока намагничивания первичной обмотки трансформатора</li> <li>3. Определить мощность потерь в сердечнике магнитного элемента</li> <li>4. Каким соотношением устанавливается связь между</li> </ol>
---	--

	<p>магнитной индукцией магнитного поля в сердечнике магнитного элемента и его напряженностью</p> <p>5.Какой закон должен быть использован при вычислении магнитного потока в сердечнике магнитного элемента, если его первичная обмотка подключена к источнику ЭДС</p> <p>6.Как определить коэффициент, с которым токи вторичных обмоток трансформатора трансформируются в первичную обмотку</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-4. Защита расчетного задания №1 "Проектирование многообмоточного магнитного элемента"**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 45

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдается задание на расчётно-графическую работу и предоставляется 4 недели на его выполнение. Защита проводится в устной форме в виде ответов на индивидуальные вопросы.

**Краткое содержание задания:**

Проводится проверка знаний основных подходов к проектированию реакторов и трансформаторов для применения в полупроводниковых преобразователях электрической энергии и умения практического применения методик проектирования магнитных элементов.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: осуществлять обоснованный выбор магнитопроводов при проектировании магнитных элементов; проектировать магнитные элементы электронных устройств</p>		<p>1.Описать алгоритм расчёта параметров конструкции сглаживающего дросселя</p> <p>2.Описать алгоритм расчёта параметров конструкции реактора переменного тока</p> <p>3.Описать алгоритм расчёта параметров конструкции двухобмоточного трансформатора</p> <p>4.Какой величиной ограничен коэффициент заполнения окна сердечника медью</p> <p>5.От каких параметров зависит мощность потерь в сердечнике и обмотках магнитного элемента</p>
--	--	---

	6.Как влияет немагнитный зазор на индуктивность намагничивания обмотки магнитного элемента и запаасаемую магнитным элементом энергию
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Модель электромагнитного элемента в среде численного имитационного моделирования (по выбору): нарисовать схему модели, привести описание основных элементов, сопоставить физические процессы и элементы схемы модели.

Задача: Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E70/33/32 (материал N92) и имеет одну обмотку, содержащую 2 витка. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 10 кГц. Амплитуда напряжения составляет 10 В. **Определить:** минимально-допустимую частоту следования импульсов

### Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам в устной форме. Билет содержит теоретический вопрос и задачу. Время на подготовку к ответу не более 60 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Знает современный технологический базис и технические решения и осуществляет выбор на основе технических требований к устройствам электроники и нанoeлектроники

### Вопросы, задания

1. Основные типы магнитных элементов, их назначение, примеры применения в полупроводниковых преобразователях электрической энергии
2. Методика проектирования дросселей постоянного тока с подмагничиванием
3. Ток намагничивания и индуктивность намагничивания трансформатора
4. Трансформаторы. Принцип работы, основные соотношения
5. Магнитные материалы, применяемые для изготовления сердечников магнитных элементов
6. Сердечники магнитных элементов – назначение и типы
7. Кривая намагничивания магнитного материала

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E80/38/20 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 5 витков. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** минимально-допустимую частоту следования импульсов

Ответы:

Использовать для расчёта закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной форме. Ограничить максимальный перепад индукции в сердечнике МЭ величиной в две индукции насыщения.

Верный ответ: 80 кГц

2. Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E80/38/20 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 5 витков. Обмотка подключена к источнику прямоугольного

разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** амплитуду тока обмотки магнитного элемента

Ответы:

Определить индуктивность намагничивания обмотки. Найти ток в индуктивности намагничивания обмотки заданной величины, подключенной к сточнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз.

Верный ответ: 2А

3.Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E80/38/20 (материал N27) и имеет одну обмотку, содержащую 5 витков. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения. Частота следования импульсов – 100 кГц. Коэффициент заполнения (отношение длительности импульса к периоду) составляет 0.25. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** минимально-допустимую частоту следования импульсов

Ответы:

Использовать для расчёта закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной форме. Ограничить максимальный перепад индукции в сердечнике МЭ величиной в две индукции насыщения. Учесть, что во время паузы индукция в сердечнике МЭ не изменяется.

Верный ответ: 30 кГц

4.Рассчитать параметры конструкции дросселя с подмагничиванием. Индуктивность дросселя - 10 мГн. Ток подмагничивания - 5 А. Амплитуда пульсации тока дросселя - 0.5 А. Частота пульсаций тока - 10 кГц. Дроссель спроектировать на сердечнике типа E80/38/20 (материал N27). Определить число витков обмотки дросселя и толщину вводимого немагнитного зазора

Ответы:

Исходя из максимального тока дросселя определить требуемую относительную магнитную проницаемость сердечника. По стандартной формуле индуктивности дросселя определить число витков обмотки. Параметры площади поперечного сечения и средней длины магнитной силовой линии взять из справочных материалов на сердечник.

Верный ответ: Толщина немагнитного зазора - 0,5 мм; Число витков обмотки - 15.

5.Рассчитать параметры конструкции реактора переменного тока. Индуктивность дросселя - 5 мГн. Действующее значение переменного синусоидального напряжения, прикладываемого к дросселю - 220 В. Частота переменного напряжения- 50 Гц. Дроссель спроектировать на сердечнике кольцевого типа из электротехнической стали марки 3423. Определить число витков обмотки дросселя и толщину вводимого немагнитного зазора. Обмотку разместить в один слой

Ответы:

Пошагово применить методику проектирования реактора переменного тока.

Использовать справочные данные на электротехническую сталь марки 3423.

Верный ответ: Толщина немагнитного зазора - 0,3 мм; Число витков обмотки - 12.

6.Рассчитать параметры конструкции двухобмоточного трансформатора. На первичную сторону подано переменное прямоугольное напряжение без пауз амплитудой 100 В. На вторичной стороне напряжение должно по форме повторять напряжение первичной стороны, амплитуда напряжения вторичной стороны - 200 В. К вторичной обмотке подключен нагрузочный резистор 10 Ом. Трансформатор спроектировать на сердечнике типа E80/38/20 (материал N87). Определить число витков обмоток трансформатора

Ответы:

Пошагово применить методику проектирования трансформатора. Использовать справочные данные на сердечник типа E80/38/20 (материал N87). Принять толщину немагнитного зазора - 0 мм. Задать максимальную индукцию на уровне 0.5 от индукции насыщения при температуре 100 градусов Цельсия.

Верный ответ: Число витков первичной обмотки - 15. Число витков вторичной обмотки - 30.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач, компьютерного моделирования и верификации моделей элементов, узлов и блоков электронного устройства

### Вопросы, задания

1. Применение электротехнической аналогии при анализе процессов в магнитопроводах магнитных элементов
2. Методика проектирования трансформаторов
3. Дискретные немагнитные зазоры в сердечниках магнитных элементов. Основные соотношения для расчёта эффективной магнитной проницаемости. Влияние на кривую намагничивания
4. Методика проектирования дросселей переменного тока
5. Схема замещения трансформатора. Физический смысл параметров схемы замещения
6. Индуктивные реакторы. Принцип работы, определение индуктивности реактора через параметры его сердечника. Магнитная проводимость сердечника
7. Основные физические величины, законы и соотношения теории магнитного поля
8. Методика проектирования воздушных реакторов
9. Модель электромагнитного элемента в среде численного имитационного моделирования (по выбору): нарисовать схему модели, привести описание основных элементов, сопоставить физические процессы и элементы схемы модели

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E70/33/32 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 2 витка. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** минимально-допустимую частоту следования импульсов

Ответы:

Использовать для расчёта закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной форме. Ограничить максимальный перепад индукции в сердечнике МЭ величиной в две индукции насыщения.

Верный ответ: 50 кГц

2. Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E70/33/32 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 2 витка. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** амплитуду тока обмотки магнитного элемента

Ответы:

Определить индуктивность намагничивания обмотки. Найти ток в индуктивности намагничивания обмотки заданной величины, подключенной к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз.

Верный ответ: 3 А

3. Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E70/33/32 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 2 витка. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** амплитуду индукции в сердечнике магнитного элемента

Ответы:

Использовать для расчёта закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной форме.

Верный ответ: 1 Тл

4.Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E70/33/32 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 2 витка. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** индуктивность обмотки магнитного элемента

Ответы:

В справочных данных на сердечник E70/33/32 (материал N87) найти параметр "индуктивность одного витка". Умножить найденное значение на квадрат числа витков обмотки.

Верный ответ: 7мГн

5.Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E80/38/20 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 5 витков. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** амплитуду индукции в сердечнике магнитного элемента

Ответы:

Использовать для расчёта закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной форме.

Верный ответ: 0,5 Тл

6.Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E80/38/20 (материал N87) и имеет одну обмотку, содержащую 5 витков. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения без пауз. Частота следования импульсов – 100 кГц. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** индуктивность обмотки магнитного элемента

Ответы:

В справочных данных на сердечник E80/38/20 (материал N87) найти параметр "индуктивность одного витка". Умножить найденное значение на квадрат числа витков обмотки.

Верный ответ: 5мГн

7.Магнитный элемент реализован на сердечнике типа E80/38/20 (материал N27) и имеет одну обмотку, содержащую 5 витков. Обмотка подключена к источнику прямоугольного разнополярного симметричного напряжения. Частота следования импульсов – 100 кГц. Коэффициент заполнения (отношение длительности импульса к периоду) составляет 0.25. Амплитуда напряжения составляет 100 В. **Определить:** амплитуду индукции в сердечнике магнитного элемента

Ответы:

Использовать для расчёта закон электромагнитной индукции Фарадея в интегральной форме. Учесть, что во время паузы индукция в сердечнике МЭ не изменяется.

Верный ответ: 0,8 Тл

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки



*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. На вопросы углубленного уровня ответ не дан*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих