

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
Сенченко П.В.  
«22» 02 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**  
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**  
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**  
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**  
Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**  
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**  
Курс: **3**  
Семестр: **6**  
Учебный план набора 2023 года

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Самостоятельная работа	94	94	часов
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	8	8	часов
Контрольные работы	2	2	часов
Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
Общая трудоемкость	108	108	часов
(включая промежуточную аттестацию)		3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Зачет	6	
Контрольные работы	6	1

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко П.В.  
Должность: Проректор по УР  
Дата подписания: 22.02.2023  
Уникальный программный ключ:  
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 77326

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение свойств, статических и динамических характеристик и параметров магнитных элементов, как функциональных элементов электронных устройств, необходимых и достаточных для расчета магнитных элементов.

2. Формирование навыков использования стандартных программных средств для расчета конструктивных и электромагнитных параметров магнитных элементов в новых условиях применения.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Обеспечить студентам знания по устройству, принципу действия и электромагнитным свойствам типовых классов магнитных элементов энергетической электроники.

2. Изучить методики расчета электромагнитных и конструктивных параметров магнитных элементов с учетом требований, предъявляемых техническим заданием и обусловленных спецификой их работы в высокочастотных транзисторных преобразователях различного функционального назначения, с использованием средств автоматизации проектирования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.03.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов	Знает принципы конструирования МЭЭУ
	ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов	Умеет проводить расчеты характеристик МЭЭУ
	ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем	Владеет навыками подготовки принципиальных электрических схем, в которых применяются МЭЭУ

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов,

**выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем  
и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	10	10
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	8	8
Контрольные работы	2	2
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	94	94
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	82	82
Подготовка к контрольной работе	12	12
<b>Подготовка и сдача зачета</b>	4	4
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	108
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	3	3

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Контр. раб.	СРП, ч.	Сам. раб., ч	Всего часов (без промежуточной аттестации)	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>					
1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	2	2	18	22	ПК-3
2 Дроссели.		2	28	30	ПК-3
3 Трансформаторы функциональных узлов энергетической электроники.		2	36	38	ПК-3
4 Магнитные усилители.		2	12	14	ПК-3
Итого за семестр	2	8	94	104	
Итого	2	8	94	104	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины	СРП, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			

1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	Теоретические положения проектирования магнитных элементов. Конструкции магниторывов магнитных элементов. Никель-цинковые и марганец-цинковые ферритовые сердечники. Сердечники из порошковых магнитомягких материалов. Сердечники для трансформаторов и дросселей высокочастотных транзисторных преобразователей. Конструкции обмоток магнитных элементов. Геометрические параметры магнитных элементов.	2	ПК-3
	Итого	2	
2 Дроссели.	Сглаживающие дроссели. Дроссели переменного тока.	2	ПК-3
	Итого	2	
3 Трансформаторы функциональных узлов энергетической электроники.	Эквивалентная схема трансформатора. Классификация режимов работы трансформатора. Электромагнитные и геометрические соотношения в трансформаторах. Импульсный трансформатор. Трансформатор тока.	2	ПК-3
	Итого	2	
4 Магнитные усилители.	Нереверсивные магнитные усилители без обратной связи. Реверсивные магнитные усилители без обратной связи. Магнитные усилители с обратной связью.	2	ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

### 5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ПК-3
Итого за семестр		2	
Итого		2	

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>6 семестр</b>				
1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	16	ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3	Контрольная работа
	Итого	18		
2 Дроссели.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	24	ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-3	Контрольная работа
	Итого	28		
3 Трансформаторы функциональных узлов энергетической электроники.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	32	ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-3	Контрольная работа
	Итого	36		
4 Магнитные усилители.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	10	ПК-3	Зачёт, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-3	Контрольная работа
	Итого	12		
Итого за семестр		94		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		98		

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Конт. Раб.	СРП	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Тестирование

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература**

1. Легостаев, Н. С. Магнитные элементы электронных устройств: Учебное пособие / Легостаев Н. С. - Томск: Эль Контент, 2014. - 186 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Легостаев, Н. С. Магнитные элементы электронных устройств: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / Н. С. Легостаев. — Томск: ТУСУР, 2019. — 146 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

2. Обрусник, В.П. Магнитные элементы электронных устройств: Учебное пособие. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 125 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

### **7.3. Учебно-методические пособия**

#### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Легостаев, Н.С. Магнитные элементы электронных устройств: методические указания по изучению дисциплины / Н.С. Легостаев. — Томск: Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2014. — 43 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

2. Легостаев, Николай Степанович Материалы электронной техники: учеб.-метод. пособие / Н.С. Легостаев. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 74 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

3. Легостаев, Н.С. Магнитные элементы электронных устройств : методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / Н.С. Легостаев, С.Г. Михальченко. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 17 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

#### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Иное учебно-методическое обеспечение**

1. Легостаев, Н.С. Магнитные элементы электронных устройств [Электронный ресурс]: электронный курс / Н. С. Легостаев. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2019. (доступ из личного кабинета студента) .

### **7.5. Современные профессиональные базы данных**

## **и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

### **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

#### **8.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

#### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

#### **8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в

лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Дроссели.	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Трансформаторы функциональных узлов энергетической электроники.	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Магнитные усилители.	ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине



Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

#### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Укажите единицу измерения в системе СИ напряженности магнитного поля:
  - а) Тл (Тесла);
  - б) Гн (Генри);
  - в) Э (Эрстед);
  - г) Вб (Вебер);
  - д) А/м (ампер/метр);
  - е) Гс (Гаусс).
2. Укажите связь единицы измерения магнитной индукции в системе СИ с единицей измерения магнитной индукции в системе СГСМ:
  - а)  $1\text{ Гс} = 100\text{ мкТл}$ ;
  - б)  $1\text{ Гс} = 10^4\text{ Тл}$ ;
  - в)  $1\text{ Тл} = 10^4\text{ Гс}$ ;
  - г)  $1\text{ Тл} = 10\text{ кГс}$ .
3. Укажите численное значение для магнитной постоянной.
  - а)  $8,85 \times 10^{-12}\text{ Ф/м}$ ;
  - б)  $1,38 \times 10^{-23}\text{ Дж/К}$ ;
  - в)  $4\pi \times 10^{-7}\text{ Гн/м}$ ;
  - г)  $9,274 \times 10^{-24}\text{ Дж/Тл}$ .
4. Для магнитопровода типоразмера ПЛР 21х20х85(25) определите толщину навивки.
  - а) 21 мм;
  - б) 20 мм;
  - в) 85 мм;
  - г) 25 мм.
5. Магнитодиэлектрик представляет собой:
  - а) сплав алюминия, кремния и железа;
  - б) твердый раствор кремния в железе;
  - в) композицию из порошков высокопроницаемого ферромагнетика с диэлектрической связкой;
  - г) неметаллическое соединение из смеси окислов железа, никеля, цинка, марганца, меди и других металлов.
6. Укажите тип сердечника, геометрические формы которого определяют конструктивное исполнение магнитного элемента стержневой конструкции.
  - а) R;
  - б) KB;
  - в) ППК;
  - г) Ш.
7. Укажите сердечник для сглаживающих дросселей.
  - а) кольцевой ферритовый сердечник без дискретного зазора;
  - б) стержневой ферритовый сердечник без дискретного зазора;
  - в) стержневой ферритовый сердечник с несколькими дискретными зазорами.
8. При наличии немагнитного зазора в магнитопроводе дросселя
  - а) увеличивается магнитная индукция в материале магнитопровода при заданной напряженности магнитного поля;
  - б) увеличивается магнитная проницаемость материала магнитопровода при заданной напряженности магнитного поля;
  - в) уменьшается магнитная индукция в материале магнитопровода при заданной напряженности магнитного поля.
9. Немагнитный зазор в магнитопровод дросселя вводится с целью:
  - а) увеличения индуктивности дросселя;
  - б) уменьшения объема магнитопровода дросселя;
  - в) увеличения энергоемкости дросселя.
10. Определите энергию сглаживающего дросселя индуктивностью 18 мкГн, если известно, что максимальное значение тока дросселя 10 А.
  - а) 450 мкДж;
  - б) 900 мкДж;
  - в) 1350 мкДж;
  - г) 1800 мкДж.

11. Определите индукцию магнитного поля в материале магнитопровода из ферромагнетика с длиной средней линии 0,1 м и немагнитным зазором 0,01 м, если индукция магнитного поля в зазоре 0,35 Тл.
  - а) 0,035 Тл;
  - б) 0,35 Тл;
  - в) 0,70 Тл;
  - г) 1,40 Тл.
12. Найти число ампер-витков, необходимое для получения в соленоиде длиной 0,1 м и диаметром 0,01 м магнитного поля напряженностью 500 А/м.
  - а) 50;
  - б) 100;
  - в) 250;
  - г) 500.
13. Определите активное сопротивление обмотки дросселя при перегреве дросселя на 70С. Число витков обмотки дросселя 250, средняя длина одного витка обмотки дросселя 0,06 м. Площадь сечения провода 2,545 мм<sup>2</sup>. Материал провода – медь. Удельное электрическое сопротивление медного провода при температуре 20С принять 0,017 мкОм·мм.
  - а) 70 мОм;
  - б) 130 мОм;
  - в) 680 мОм;
  - г) 1260 мОм.
14. Укажите уравнение, которое дает основание параметр трансформатора  $n$  назвать «коэффициентом трансформации».
  - а)  $n = U_1/U_2$ ;
  - б)  $n = L_1/M = w_1/w_2$ ;
  - в)  $L_{s1} = (L_1 - nM)$ ;
  - г)  $w_2 \text{ со штрихом} = w_1 = n \cdot w_2$ .
15. Укажите уравнение, которое дает основание параметр трансформатора  $n$  назвать «коэффициентом приведения».
  - а)  $n = U_1/U_2$ ;
  - б)  $n = L_1/M = w_1/w_2$ ;
  - в)  $L_{s1} = (L_1 - nM)$ ;
  - г)  $w_2 \text{ со штрихом} = w_1 = n \cdot w_2$ .
16. Объем  $V$  магнитопровода трансформатора связан с частотой  $f$  соотношением:
  - а)  $V \sim f$ ;
  - б)  $V \sim f^2$ ;
  - в)  $V \sim 1/f$ ;
  - г)  $V \sim 1/f^{0,25}$ .
17. Величина  $S_{ок} \times S_m$  ( $S_{ок}$  – площадь окна магнитопровода;  $S_m$  – площадь поперечного сечения магнитопровода) трансформатора связана с максимальной магнитной индукцией  $B_m$  в магнитопровode трансформатора соотношением:
  - а)  $(S_{ок} \times S_m) \sim B_m$ ;
  - б)  $(S_{ок} \times S_m) \sim B_m^2$ ;
  - в)  $(S_{ок} \times S_m) \sim 1/B_m$ ;
  - г)  $(S_{ок} \times S_m) \sim B_m^{0,5}$ .
18. Число витков  $w_1$  первичной обмотки трансформатора для синусоидальной магнитной индукции связано с максимальной магнитной индукцией  $B_m$  соотношением:
  - а)  $w_1 \sim B_m^{0,5}$ ;
  - б)  $w_1 \sim B_m$ ;
  - в)  $w_1 \sim 1/B_m^{0,5}$ ;
  - г)  $w_1 \sim 1/B_m$ .
19. Магнитный усилитель строят:
  - а) на сглаживающем дросселе;
  - б) на дросселе с подмагничиванием;
  - в) на импульсном трансформаторе.
20. Если сердечник магнитного усилителя находится в двух переменных магнитных полях

различной частоты, то в усилительную схему включают:

- а) выпрямители;
- б) сглаживающие дроссели;
- в) импульсные трансформаторы;
- г) транзисторы.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Укажите тип магнитопровода ленточного броневой конструкции:
  - а) ПЛ;
  - б) ПЛМ;
  - в) ПЛР;
  - г) ШЛО;
  - д) ОЛ.
2. Универсальной называется обмотка:
  - а) витки которой располагаются в ряд вдоль ее оси с шагом, равным наружному диаметру провода;
  - б) однослойная, витки которой расположены с заданным шагом;
  - в) витки которой располагаются под углом к плоскости ее вращения и имеют резкие перегибы у торцов обмотки;
  - г) витки которой уложены группами вдоль ее оси.
3. Укажите тип сердечника, геометрические формы которого определяют конструктивное исполнение магнитного элемента броневое исполнение.
  - а) R;
  - б) EER;
  - в) ПП; г) UU.
4. Альсифер представляет собой:
  - а) сплав железа с никелем;
  - б) твердый раствор кремния в железе;
  - в) сплав алюминия, кремния и железа;
  - г) сплав железа с молибденом.
5. Индуктивность дросселя прямо пропорциональна
  - а) квадрату числа витков обмотки и сечению магнитопровода;
  - б) сечению магнитопровода и обратно пропорциональна квадрату числа витков обмотки;
  - в) числу витков обмотки и обратно пропорциональна сечению магнитопровода.
6. Определите добротность обмотки дросселя на частоте  $f=100$  кГц . Индуктивность дросселя  $L=10$  мкГн, активное сопротивление обмотки дросселя  $R=0,628$  Ом.
  - а) 2;
  - б) 6;
  - в) 10;
  - г) 20.
7. Индуктивность сглаживающего дросселя  $L=20$  мкГн . Максимальное значение тока в обмотке сглаживающего дросселя  $I_m=(9,5+0,5)$  А. Определите энергию сглаживающего дросселя.
  - а) 100 мкДж;
  - б) 500 мкДж;
  - в) 1000 мкДж;
  - г) 1500 мкДж.
8. Определите магнитную проницаемость кольцевого магнитопровода с длиной средней линии магнитного поля в материале магнитопровода 100 мм и немагнитным зазором 0,3 мм. На магнитопроводе расположена обмотка с числом витков  $w=400$ . При протекании по намагничивающей обмотке тока силой  $I=0,25$  А в зазоре создается магнитная индукция  $B=0,2$  Тл.
  - а) 105;
  - б) 305;
  - в) 605;
  - г) 805.
9. Определите индуктивность рассеяния вторичной обмотки 2-х обмоточного

трансформатора, если известно, что индуктивность вторичной обмотки 0,16 Гн, а индуктивность намагничивания, приведенная по виткам к вторичной обмотке 0,13 Гн.

- а) 0,01Гн;
- б) 0,03Гн;
- в) 0,07Гн;
- г) 0,09Гн.

10. Однотактные магнитные усилители подразделяют на магнитные усилители

- а) с последовательным и параллельным включением нагрузки;
- б) с последовательным включением нагрузки;
- в) с параллельным включением нагрузки.

### 9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Магнитные элементы электронных устройств

1. Укажите тип сердечника ленточного стержневой конструкции.

- а) ШЛ;
- б) ПЛ;
- в) ШЛМ;
- г) ШЛР;
- д) ОЛ.

2. Шаговой называется обмотка:

- а) все витки которой расположены в один слой;
- б) витки которой располагаются в ряд вдоль ее оси с шагом, равным наружному диаметру провода;
- в) однослойная, витки которой расположены с заданным шагом;
- г) витки которой уложены группами вдоль ее оси; д) витки которой уложены в виде плоской спирали.

3. Укажите порошковый материал с наименьшей магнитной индукцией насыщения.

- а) МРР;
- б) High Flux;
- в) Kool Мμ;
- г) X Flux;
- д) Iron Powder.

4. Определите сплав, основу магнитной фазы которого составляет тройной сплав системы Al – Si – Fe:

- а) Мо-пермаллой (МРР);
- б) High Flux;
- в) Sendast;
- г) 80НХС.

5. Электротехническая сталь представляет собой:

- а) сплав железа с никелем;
- б) твердый раствор кремния в железе;
- в) сплав железа с кобальтом;
- г) сплав железа с марганцем.

6. При согласном включении двух обмоток электродвижущая сила самоиндукции

- а) вычитается из электродвижущей силы самоиндукции;
- б) добавляется к электродвижущей силе самоиндукции;
- в) добавляется к электродвижущей силе самоиндукции с коэффициентом, равным отношению числа витков  $w_1$  первичной обмотки к числу витков  $w_2$  вторичной обмотки;
- г) вычитается из электродвижущей силы самоиндукции с коэффициентом, равным отношению числа витков  $w_1$  первичной обмотки к числу витков  $w_2$  вторичной обмотки.

7. Особенностью сглаживающего дросселя является присутствие

- а) в токе обмотки дросселя только переменной составляющей;
- б) в токе обмотки дросселя только постоянной составляющей;
- в) в токе обмотки дросселя как переменной, так и постоянной составляющей одновременно;
- г) в магнитопроводе дросселя немагнитного зазора.

8. Оптимизация немагнитного зазора в магнитопроводе дросселя - это подбор такого зазора,

- при котором дроссель обладает
- а) наибольшей добротностью;
  - б) наибольшей индуктивностью;
  - в) наименьшим объемом при заданной энергоемкости;
  - г) наименьшей добротностью.
9. Индуктивность дросселя при постоянной величине магнитной проницаемости
- а) пропорциональна числу витков и квадрату площади сечения магнитопровода;
  - б) пропорциональна квадрату числа витков и обратно пропорциональна площади сечения магнитопровода;
  - в) пропорциональна квадрату числа витков и площади сечения магнитопровода;
  - г) пропорциональна числу витков и площади сечения магнитопровода.
10. Мощность трансформатора
- а) пропорциональна произведению площади окна магнитопровода на площадь поперечного сечения магнитопровода и обратно пропорциональна частоте напряжения на первичной обмотке;
  - б) пропорциональна площади окна магнитопровода и обратно пропорциональна площади поперечного сечения магнитопровода;
  - в) пропорциональна произведению площади окна магнитопровода на площадь поперечного сечения магнитопровода; г) пропорциональна произведению площади окна магнитопровода на площадь поперечного сечения магнитопровода и обратно пропорциональна магнитной индукции в магнитопроводе трансформатора.

## **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе по дисциплине.

## **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ  
протокол № 19 от «16» 12 2022 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a
Декан ФДО	И.П. Черкашина	Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22- bda1-21376d739cfc

### ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. ТЭО	А.В. Гураков	Согласовано, 4bfa5749-993c-4879- adcf-c25c69321c91
Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579- bbc4-ee49773dfd8d

### РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Разработано, 6332ca5f-c16e-4579- bbc4-ee49773dfd8d
Ассистент, каф. ТЭО	Ю.Л. Замятина	Разработано, 1663c03a-62e7-4092- 902a-95591a9d4047