

Документ подписан электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко Павел Васильевич  
Должность: Проректор по учебной работе  
Дата подписания: 10.11.2023 13:45:13  
Уникальный программный ключ:  
27e516f4c088deb62ba68945f4406e13fd454355

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

## 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: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**

Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**

Курс: **4**

Семестр: **7**

Учебный план набора 2018 года

### Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	12	12	часов
2	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
3	Всего контактной работы	14	14	часов
4	Самостоятельная работа	121	121	часов
5	Всего (без экзамена)	135	135	часов
6	Подготовка и сдача экзамена	9	9	часов
7	Общая трудоемкость	144	144	часов
			4.0	З.Е.

Контрольные работы: 7 семестр - 1

Экзамен: 7 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ Н. С. Легостаев

Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО

\_\_\_\_\_ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО)

\_\_\_\_\_ Ю. В. Морозова

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ В. Д. Семенов

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

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

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

### 1.2. Задачи дисциплины

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

Дисциплина «Магнитные элементы электронных устройств» (Б1.В.ОД.8.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Инженерная и компьютерная графика, Информационные технологии, Математика, Материалы электронной техники, Теоретические основы электротехники, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Метрология и технические измерения, Научно-исследовательская работа, Основы преобразовательной техники, Преддипломная практика, Электронные промышленные устройства, Энергетическая электроника.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- ПК-1 способностью 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-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** Принцип действия, основные характеристики и параметры магнитных элементов электронных устройств различного функционального назначения. Методики проектирования, расчета, конструирования и модернизации магнитных элементов с оптимальными параметрами с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных систем. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области создания магнитных элементов электронной техники
- **уметь** Рассчитывать электромагнитные, конструктивные и тепловые режимы магнитных элементов электронной техники. Выполнять математическое моделирование магнитных элементов с целью оптимизации их параметров. Проводить экспериментальные исследования магнитных элементов.
- **владеть** Методами расчета электромагнитных и конструктивных параметров магнитных элементов основных функциональных узлов энергетической электроники. Методиками проведения эксперимента по исследованию характеристик магнитных элементов на соответствие техническому заданию.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная работа (всего)	14	14
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	12	12
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	121	121
Подготовка к контрольным работам	42	42
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	79	79
Всего (без экзамена)	135	135
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость, ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	СРП, ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр					
1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	4	2	33	37	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
2 Дроссели.	2		36	38	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
3 Трансформаторы функциональных узлов энергетической электроники.	4		44	48	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
4 Магнитные усилители	2		8	10	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
Итого за семестр	12	2	121	135	
Итого	12	2	121	135	

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	Теоретические положения проектирования магнитных элементов. Конструкции магниторыводов 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.	4	ОПК-7, ПК-1
	Итого	4	
2 Дроссели.	Сглаживающие дроссели. Дроссели переменного тока.	2	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
	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.	4	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
	Итого	4	
4 Магнитные усилители	Нереверсивные магнитные усилители без обратной связи. Реверсивные магнитные усилители без обратной связи. Магнитные усилители с обратной связью.	2	ОПК-7, ПК-1, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		12	

## 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				

1 Инженерная и компьютерная графика	+	+	+	
2 Информационные технологии		+	+	
3 Математика	+			
4 Материалы электронной техники	+	+	+	+
5 Теоретические основы электротехники	+	+	+	+
6 Физика	+			
Последующие дисциплины				
1 Метрология и технические измерения		+	+	
2 Научно-исследовательская работа	+	+	+	+
3 Основы преобразовательной техники	+	+	+	+
4 Преддипломная практика	+	+	+	+
5 Электронные промышленные устройства		+	+	
6 Энергетическая электроника	+	+	+	+

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	СРП	КСР	Сам. раб.	
ОПК-7	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Тест
ПК-1	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Тест
ПК-5	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Тест

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

#### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

#### 8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
7 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-7, ПК-1, ПК-5

Итого	2	
-------	---	--

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Общие положения проектирования магнитных элементов электронных устройств.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	21	ОПК-7, ПК-1, ПК-5	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	12		
	Итого	33		
2 Дроссели.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	24	ОПК-7, ПК-1, ПК-5	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	12		
	Итого	36		
3 Трансформаторы функциональных узлов энергетической электроники.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	26	ОПК-7, ПК-1, ПК-5	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Подготовка к контрольным работам	18		
	Итого	44		
4 Магнитные усилители	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	ОПК-7, ПК-5	Контрольная работа, Тест, Экзамен
	Итого	8		
	Выполнение контрольной работы	2	ОПК-7, ПК-1, ПК-5	Контрольная работа
Итого за семестр		121		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		130		

**10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)**  
Не предусмотрено РУП.

**11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся**  
Рейтинговая система не используется.

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

### **12.1. Основная литература**

1. Легостаев Н.С. Магнитные элементы электронных устройств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.С. Легостаев. - Томск Эль Контент, 2014. - 186 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 02.08.2018).

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Магнитные элементы электронных устройств [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В. П. Обрусник - 2007. 125 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 02.08.2018).

2. Учебное пособие «Материалы электронной техники» [Электронный ресурс]: Для направления подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Профиль «Промышленная электроника» / Н. С. Легостаев - 2014. 74 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 02.08.2018).

### **12.3. Учебно-методические пособия**

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

1. Легостаев Н.С. Магнитные элементы электронных устройств: электронный курс / Н.С. Легостаев. - Томск ТУСУР, ФДО, 2014. Доступ из личного кабинета студента.

2. Легостаев Н.С. Магнитные элементы электронных устройств [Электронный ресурс]: методические указания по изучению дисциплины / Н.С. Легостаев. - Томск Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2014. - 43 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 02.08.2018).

#### **12.3.2. 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.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. 1. Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), дата обращения: 31.07.2018.

2. 2/ Информационные, справочные и нормативные базы данных [Электронный ресурс] - Режим доступа <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>, дата обращения: 31.07.2018.



### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

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

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

Кабинет для самостоятельной работы студентов  
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

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

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- Microsoft Windows
- OpenOffice

##### **13.1.2. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

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

#### **13.2. 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 видеоувеличителей 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.

#### **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

##### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

###### **14.1.1. Тестовые задания**

- 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 21x20x85(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) KV; 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 диа-

метром 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 мкОмхм.

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)  $n=U1/U2$ ; б)  $n=L1/M=w1/w2$ ; в)  $Ls1=(L1-nM)$ ; г)  $w2$  со штрихом= $w1=n*w2$ .

15). Укажите уравнение, которое дает основание параметр трансформатора  $n$  назвать «коэффициентом приведения».

а)  $n=U1/U2$ ; б)  $n=L1/M=w1/w2$ ; в)  $Ls1=(L1-nM)$ ; г)  $w2$  со штрихом= $w1=n*w2$ .

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 магнитопроводе 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.

#### 14.1.2. Экзаменационные тесты

1) Укажите единицу измерения в системе СГСМ магнитной индукции  $B$  :

а) Тл (Тесла); б) Э (эрстед); в) Вб (Вебер); г) Гс (Гаусс).

2). Дайте характеристику геометрических размеров ленточного магнитопровода типа ШЛ:

а) Ш-образный ленточный; б) Ш-образный ленточный с уменьшенным отношением ширины окна к толщине навивки; в) Ш-образный ленточный с увеличенным окном; г) Ш-образный ленточный с увеличенным отношением ширины ленты к толщине навивки.

3). Укажите тип магнитопровода ленточного броневой конструкции:

а) ПЛ; б) ПЛМ; в) ПЛР; г) ШЛО; д) ОЛ.

4). Дайте характеристику геометрических размеров ленточного магнитопровода типа ШЛО:

а) Ш-образный ленточный;  
б) Ш-образный ленточный с уменьшенным отношением ширины окна к толщине навивки;  
в) Ш-образный ленточный с увеличенным окном;  
г) Ш-образный ленточный с увеличенным отношением ширины ленты к толщине навивки.

5). 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.

6). Для магнитопровода типоразмера ПЛР 25 x 40 x 100(28) определите ширину окна.

а) 25 мм; б) 40 мм; в) 100 мм; г) 28 мм.

7). Определите удельные магнитные потери мощности в сердечнике из материала High Flux 14μ при магнитной индукции  $B = 0,1$  Тл и частоте  $f = 50$  кГц.

- а)  $187 \text{ мВт/см}^3$ ; б)  $387 \text{ мВт/см}^3$ ; в)  $787 \text{ мВт/см}^3$ ; г)  $1087 \text{ мВт/см}^3$ .
- 8). Определите удельные магнитные потери на вихревые токи в сердечнике при частоте  $f_3=2 \text{ кГц}$ , если суммарные удельные магнитные потери на гистерезис и на вихревые токи при частоте  $f_1=1 \text{ кГц}$  составляют  $p_1=2 \text{ Вт/кг}$ , а при частоте  $f_2=1 \text{ кГц}$  –  $p_2=6 \text{ Вт/кг}$  (при неизменной максимальной магнитной индукции в магнитном материале).
- а)  $2 \text{ Вт/кг}$ ; б)  $4 \text{ Вт/кг}$ ; в)  $6 \text{ Вт/кг}$ ; г)  $8 \text{ Вт/кг}$ .
- 9). Укажите тип сердечника, геометрические формы которого определяют конструктивное исполнение магнитного элемента броневое исполнение.
- а) R; б) EER; в) ПП; г) UU.
- 10). 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.
- 11). 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.
- 12). Определите добротность обмотки дросселя на частоте  $f=100 \text{ кГц}$ . Индуктивность дросселя  $L=10 \text{ мкГн}$ , активное сопротивление обмотки дросселя  $R=0,628 \text{ Ом}$ .
- а) 2; б) 6; в) 10; г) 20.
- 13). Индуктивность сглаживающего дросселя  $L=20 \text{ мкГн}$ . Максимальное значение тока в обмотке сглаживающего дросселя  $I_m=(9,5+0,5) \text{ А}$ . Определите энергию сглаживающего дросселя.
- а)  $100 \text{ мкДж}$ ; б)  $500 \text{ мкДж}$ ; в)  $1000 \text{ мкДж}$ ; г)  $1500 \text{ мкДж}$ .
- 14). Определите магнитную проницаемость кольцевого магнитопровода с длиной средней линии магнитного поля в материале магнитопровода  $100 \text{ мм}$  и немагнитным зазором  $0,3 \text{ мм}$ . На магнитопроводе расположена обмотка с числом витков  $w=400$ . При протекании по намагничивающей обмотке тока силой  $I=0,25 \text{ А}$  в зазоре создается магнитная индукция  $B=0,2 \text{ Тл}$ .
- а) 105; б) 305; в) 605; г) 805.
- 15). Определите плотность тока в проводе обмотки дросселя, у которого  $(S_{ок} \times S_m)=2,36 \text{ см}^4$ ;  $k_j=365 \text{ А/см}^2$ ;  $y=-0,13$ .
- а)  $1,32 \text{ А/мм}^2$ ; б)  $1,76 \text{ А/мм}^2$ ; в)  $3,26 \text{ А/мм}^2$ ; г)  $5,26 \text{ А/мм}^2$ .
- 16). Укажите единицу измерения коэффициента теплоотдачи.
- а)  $\text{Вт/см}^3$ ; б)  $\text{Вт/см}^2$ ; в)  $\text{Вт/см}^2 \times \text{град}$ . Цельсия; г)  $\text{Вт} \times \text{см}^2/\text{град}$ . Цельсия
- 17). Укажите формулу приведения активного сопротивления  $r_2$  вторичной обмотки трансформатора к активному сопротивлению  $r_2$  со штрихом, приведенному по виткам к первичной обмотке. Число витков первичной обмотки  $w_1$ , число витков вторичной обмотки  $w_2$ , коэффициент приведения  $n=w_1/w_2$ .
- а)  $r_2$  со штрихом= $n \times r_2$ ; б)  $r_2$  со штрихом= $r_2/n$ ; в)  $r_2$  со штрихом= $r_2/n^2$ ; г)  $r_2$  со штрихом= $n^2 \times r_2$ .
- 18). Определите индуктивность рассеяния вторичной обмотки 2-х обмоточного трансформатора, если известно, что индуктивность вторичной обмотки  $0,16 \text{ Гн}$ , а индуктивность намагничивания, приведенная по виткам к вторичной обмотке  $0,13 \text{ Гн}$ .
- а)  $0,01 \text{ Гн}$ ; б)  $0,03 \text{ Гн}$ ; в)  $0,07 \text{ Гн}$ ; г)  $0,09 \text{ Гн}$ .
- 19). Однотактные магнитные усилители подразделяют на магнитные усилители
- а) с последовательным и параллельным включением нагрузки;
- б) с последовательным включением нагрузки;
- в) с параллельным включением нагрузки.
- 20). Если постоянное входное напряжение  $U_y$ , питающее управляющую обмотку, отсутствует ( $U_y=0$ ), а на рабочую обмотку подается переменное напряжение  $U$ , то магнитный усилитель работает в режиме:
- а) холостого хода;
- б) короткого замыкания;
- в) амплитудной модуляции;
- г) частотно-импульсной модуляции.

### 14.1.3. Темы контрольных работ

Магнитные элементы электронных устройств.

1). Укажите единицу измерения в системе СИ магнитной индукции:

а) Тл (Тесла); б) Гн (Генри); в) Э (Эрстед); г) Вб (Вебер).

2). Дайте характеристику геометрических размеров ленточного магнитопровода типа ШЛП.

а) Ш-образный ленточный;

б) Ш-образный ленточный с уменьшенным отношением ширины окна к толщине навивки;

в) Ш-образный ленточный с увеличенным окном;

г) Ш-образный ленточный с увеличенным отношением ширины ленты к толщине навивки;

3). Укажите тип сердечника ленточного стержневой конструкции.

а) ШЛ; б) ПЛ; в) ШЛМ; г) ШЛР; д) ОЛ.

4). Укажите тип сердечника ленточного броневой конструкции.

а) ПЛ; б) ПЛМ; в) ПЛР; г) ШЛМ; д) ОЛ.

5). Для магнитопровода типоразмера ОЛ 20/32-16 определите внутренний диаметр.

а) 16 мм; б) 20 мм; в) 32 мм; г) 20/32 см.

б). 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.

7). Однослойной 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;

8). Укажите порошковый материал с наименьшей магнитной индукцией насыщения.

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

9). Укажите медный провод с эмалево-волоконистой изоляцией.

а) ПЭТВ-1; б) ПЭШО; в) ПЭВЛ; г) ПЭТ-155.

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

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

11). 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.

12). Укажите порошковый материал с наибольшей магнитной индукцией насыщения.

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

13). Укажите связь диаметра провода обмотки магнитного элемента с рабочей частотой тока.

а) диаметр провода обмотки обратно пропорционален квадрату частоты;

б) диаметр провода обмотки обратно пропорционален частоте;

в) диаметр провода обмотки обратно пропорционален корню квадратному из частоты;

г) диаметр провода обмотки обратно пропорционален корню кубическому из частоты.

14). 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 отноше-

нию числа витков  $w_1$  первичной обмотки к числу витков  $w_2$  вторичной обмотки.

15). При встречном 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.

16). 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.

17). 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.

18). 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.

19). 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.

20). Определите коэффициент трансформации двухобмоточного трансформатора, если известно, что при согласном включении обмоток эквивалентная индуктивность равна 2,46 Гн, а при встречном включении обмоток - 0,94 Гн. Собственные индуктивности первичной и вторичной обмоток равны 1,6 Гн и 0,1 Гн соответственно.

- а) 2; б) 4; в) 8; г) 16.

#### 14.1.4. 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 необходимо осуществлять медленно, выделяя основные

идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

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

- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

#### **14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **14.3. 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.