

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ 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: **5**

Семестр: **9**

Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	9 семестр	Всего	Единицы
Самостоятельная работа	126	126	часов
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	12	12	часов
Контрольные работы	2	2	часов
Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)		4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Зачет с оценкой	9	
Контрольные работы	9	1

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов знаний работы электронных ключей различного типа и навыков проектирования электронных устройств с их применением. Изучение различных видов электронных ключей, их схем замещения. Расчет электрических схем, содержащих электронные ключи.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Обеспечить студентам знания, связанные с электронными ключами различных видов. Усвоение различия идеальных и реальных электронных ключей. Усвоение методик расчета, применимых к различным видам электронных ключей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.04.02.

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>		

ОПК-3. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.1. Знает принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации, а также методы и средства обеспечения информационной безопасности	Знает принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации, а также методы и средства обеспечения информационной безопасности. Знает методики расчета входных и выходных элементов, знает методы повышения быстродействия биполярных транзисторов.
	ОПК-3.2. Умеет работать с источниками информации и базами данных, а также решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации	Умеет работать с источниками информации и базами данных, а также решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации Умеет рассчитывать потери в транзисторах различного типа, умеет выделять необходимую информацию для расчета транзисторов работающих в ключевом режиме.
	ОПК-3.3. Владеет практическими навыками поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации и обеспечения информационной безопасности при решении задач в области профессиональной деятельности	Владеет практическими навыками поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации и обеспечения информационной безопасности при решении задач в области профессиональной деятельности Владеет навыками расчета потерь транзисторов в режимах отсечки, насыщения и переключения транзистора.
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПКР-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПКР-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов.	Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов. Знает методики расчета входных и выходных элементов, знает методы повышения быстродействия биполярных транзисторов.
	ПКР-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов.	Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. Умеет проводить расчет ключей на биполярных и полевых транзисторах, расчет параметров диодов, тиристоров и симисторов, выбор и расчет драйверов управления MOSFET- транзисторов.
	ПКР-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем. Владеет навыками выбора и расчета активных электронных компонентов, работающих в ключевом режиме, расчет выделяемой мощности.

ПКР-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПКР-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков.	Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков. Знает принципы построения схем, работающих в ключевом режиме, возможных аварийных ситуаций, возникающих при переключении элементов.
	ПКР-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации.	Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации. Умеет использовать справочные данные элементов с учетом коэффициента запаса для повышения надежности работы схемы.
	ПКР-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами.	Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами. Владеет способами уменьшения вероятности появления аварийных ситуаций и способами их устранения и оформления документации и инструкции эксплуатации.

#### **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 4 зачетных единиц, 144 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
		9 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	14	14
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	12	12
Контрольные работы	2	2
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	126	126
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	58	58
Подготовка к контрольной работе	68	68
<b>Подготовка и сдача зачета</b>	4	4
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	144	144
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	4	4

#### **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>9 семестр</b>					
1 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	2	2	16	20	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
2 Характеристики и параметры силовых ключей.		4	26	30	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
3 Управление полупроводниковыми ключами.		2	26	28	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.		2	30	32	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах		2	28	30	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
Итого за семестр	2	12	126	140	
Итого	2	12	126	140	

### 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>9 семестр</b>			
1 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	Введение. Транзисторы. Биполярные транзисторы с изолированным затвором. Тиристоры.	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
2 Характеристики и параметры силовых ключей.	Выбор ключевого элемента схемы. Основные группы справочных данных по силовым ключам. Предельные характеристики полупроводниковых ключей. Тепловые характеристики полупроводниковых ключей.	4	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
	Итого	4	
3 Управление полупроводниковыми ключами.	Формирователи управляющих импульсов в структуре систему правления преобразователям. Основные типы формирователей импульсов управления. Формирователи импульсов управления с совместной передачей энергии и формы управляющего сигнал. Формирователи импульсов управления с отдельной передачей энергии и информационного сигнала. Источники питания драйверов.	2	ОПК-3, ПКР-3
	Итого	2	

4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.	Основные виды перегрузок по напряжению и току. Методы защиты от помех. Защитные цепи силовых ключей. Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания. Силовые ключи с интегрированной системой защиты.	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах	Основные области применения ключевых приборов. Типовые схемы транзисторных ключей. Тиристорные ключи. Применение ключевых транзисторов в схемах электронных балластов. Применение мощных МДП транзисторов в импульсных источниках питания. Применение мощных ключей в схемах управления электродвигателями переменного тока.	2	ПКР-3, ПКР-4
	Итого	2	
	Итого за семестр	12	
	Итого	12	

### 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>9 семестр</b>			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4
	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>9 семестр</b>				

1 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	12	ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Контрольная работа
	Итого	16		
2 Характеристики и параметры силовых ключей.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	12	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	14	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Контрольная работа
	Итого	26		
3 Управление полупроводниковыми ключами.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	12	ОПК-3, ПКР-3	Зачёт с оценкой, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	14	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Контрольная работа
	Итого	26		
4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	12	ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	18	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Контрольная работа
	Итого	30		
5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	10	ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой, Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	18	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Контрольная работа
	Итого	28		
Итого за семестр		126		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет с оценкой
Итого		130		

### 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.	
ОПК-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Тестирование
ПКР-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Тестирование
ПКР-4	+	+	+	Зачёт с оценкой, 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. Воронин, П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 381 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60967>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Легостаев Н. С. Микросхемотехника. Аналоговая микросхемотехника: Дополнительные материалы / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. - Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 238 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. Михальченко С. Г. Проектирование ключевых устройств. Методические указания по организации самостоятельной работы: Методические указания / Михальченко С. Г. - Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 22 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. Михальченко, С. Г. Проектирование ключевых устройств [Электронный ресурс]: электронный курс / С.Г. Михальченко. - Томск: ФДО, ТУСУР, 2018 (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 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.

## **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 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Характеристики и параметры силовых ключей.	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Управление полупроводниковыми ключами.	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах	ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		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. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ828А при токе  $I_k=2.2A$ , частоте переключения= $20кГц$  и коэффициенте заполнения 0.5.
  - a) 1,2 Вт;
  - b) 1,5 Вт;
  - c) 1,8 Вт;
  - d) 2,1 Вт;
2. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ841А при токе  $I_k=3.2A$ , частоте переключения= $25кГц$  и коэффициенте заполнения 0.45.
  - a) 1,5 Вт;
  - b) 1,8 Вт;
  - c) 2,1 Вт;
  - d) 2,4 Вт;
3. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ872А при токе  $I_k=4.2A$ , частоте переключения= $22кГц$  и коэффициенте заполнения 0.47.
  - a) 1,7 Вт;
  - b) 1,9 Вт;
  - c) 2,2 Вт;
  - d) 2,7 Вт;
4. Определить выделяемую динамическую мощность транзистора КТ828А при токе  $I_k=2.2A$ , частоте переключения= $20кГц$  и коэффициенте заполнения 0.5.
  - a) 1,2 Вт;
  - b) 1,5 Вт;
  - c) 1,7 Вт;
  - d) 1,9 Вт;
5. Определить выделяемую динамическую мощность транзистора КТ841А при токе  $I_k=3.2A$ , частоте переключения= $25кГц$  и коэффициенте заполнения 0.45.
  - a) 1,5 Вт;
  - b) 1,7 Вт;
  - c) 1,95 Вт;
  - d) 2,1 Вт;
6. Определить выделяемую динамическую мощность транзистора КТ841А при токе  $I_k=3.2A$ , частоте переключения= $25кГц$  и коэффициенте заполнения 0.45.
  - a) 1,5 Вт;
  - b) 1,7 Вт;
  - c) 1,95 Вт;
  - d) 2,1 Вт;
7. Рассчитать емкость конденсатора драйвера управления транзистором КП707А, на частоте 22 кГц
  - a) 0,7 мкФ;
  - b) 1,2 мкФ;
  - c) 1,7 мкФ;
  - d) 2,2 мкФ;
8. Рассчитать емкость конденсатора драйвера управления транзистором IRF840, на частоте

- 25 кГц  
 а) 0,4 мкФ;  
 б) 0,7 мкФ;  
 в) 1,2 мкФ;  
 г) 1,6 мкФ;
9. Рассчитать емкость конденсатора драйвера управления транзистором IRF845, на частоте 28 кГц  
 а) 0,9 мкФ;  
 б) 1,3 мкФ;  
 в) 1,8 мкФ;  
 г) 2,3 мкФ;
10. Какой транзистор имеет квадратичную зависимость статических потерь от протекающего тока  
 а) биполярный;  
 б) IGBT;  
 в) MOSFET; г) однопереходной
11. Бутстреперный диод выбирают: а) с максимальным обратным напряжением; б) с максимальным прямым током в) с минимальным обратным током г) с минимальным прямым напряжением;
12. В ОБР режим АВ ограничивается: а) предельным током коллектора б) предельным напряжением коллектор-эмиттер в) вторичным пробоем транзистора г) лавинным пробоем транзистора.
13. В ОБР режим ВС ограничивается: а) предельным током коллектора б) предельным напряжением коллектор-эмиттер в) вторичным пробоем транзистора г) лавинным пробоем транзистора.
14. В ОБР режим CD ограничивается: а) предельным током коллектора б) предельным напряжением коллектор-эмиттер в) вторичным пробоем транзистора г) лавинным пробоем транзистора.
15. В ОБР режим DE ограничивается: а) предельным током коллектора б) предельным напряжением коллектор-эмиттер в) вторичным пробоем транзистора г) лавинным пробоем транзистора.
16. Форсирующий конденсатор в цепи базы позволяет: а) уменьшит только время включения транзистор б) уменьшит только время выключения транзистора в) уменьшить напряжения насыщения транзистора г) уменьшить время включения и выключения транзистора.
17. Коэффициент насыщения транзистора определяется: а) напряжением э-б б) избыточным зарядом неосновных носителей в базе в) напряжением к-э г) током коллектора.
18. Чем определяются потери в диоде: а) потери в прямом включении б) потери в обратном включении в) суммой потерь в прямом и обратном включении г) временем восстановления диода.
19. Укажите прибор с самыми низкими частотными характеристиками: а) тиристор б) биполярный транзистор в) МОП-транзистор г) диод.
20. Чем определяется предельная частота биполярного транзистора: а) коэффициентом усиления при нулевой частоте б) частота с усилением 0.7 в) частота с усилением 0.1 г) с усилением на частоте 1 МГц.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Недостатком схемы обратного преобразователя для организации питания драйверов является:  
 а) невозможность достичь режима насыщения  
 б) возможность короткого замыкания при средней нагрузке  
 в) невозможность работы в режиме холостого хода.
2. Основными видами перегрузок по напряжению являются:  
 а) перегрузки под действием из питающей сети  
 б) перегрузки под действием мощного разряда  
 в) перегрузки, связанные с характером нагрузки  
 г) перегрузки, связанные с переменным напряжением  
 д) перегрузки, связанные с процессами коммутации в схеме преобразователя и

- обусловленные конечными временными параметрами переключения силовых ключей.
3. Методом защиты силовых полупроводниковых ключей является:
    - а) повышение помехозащищенности системы управления и самого силового ключа
    - б) нанесение защитного слоя на поверхность ключа
    - в) подключение внешних защитных устройств, ограничивающих воздействие токовой перегрузки в естественных режимах коммутации.
  4. Паразитную емкостную связь можно уменьшить следующими способами:
    - а) близким расположением пары сигнальных проводников (скручиванием)
    - б) большим удалением от силовых шин – источников помех
    - в) антисептиком
    - г) добавлением изолированных контактов
    - д) экранированием сигнальных проводников.
  5. Бросок тока в переходном процессе включения транзистора обусловлен ...
    - а) процессом восстановления запирающих свойств шунтирующего диода
    - б) резким возрастанием напряжения (пробоем)
    - в) большой пропускной способностью.
  6. При формировании траектории включения транзистора резистор предназначен для ограничения ...
    - а) пропускной способности
    - б) потерь тепла
    - в) сброса энергии, запасаемой в защитном конденсаторе.
  7. Главным недостатком биполярных транзисторов является ...
    - а) отсутствие возможности достигнуть состояния насыщения
    - б) необходимость удаления избыточного накопленного заряда при выключении
    - в) отсутствие возможности работать при высоких нагрузках.
  8. Укажите важнейшую задачу при использовании ГТО.
    - а) Поддержание на тиристоре определенной температуры.
    - б) Защита тиристора от перенапряжения.
    - в) Поддержание тока в постоянном эквиваленте.
  9. Какую защитную функцию выполняет система силового интеллектуального модуля ИРМ?
    - а) Температурная защита.
    - б) Защита от токовой перегрузки.
    - в) Контроль за уровнем напряжения питания преобразователя.
    - г) Изоляция драйверной оснастки от внешних воздействий.
  10. Среди главных задач улучшения энергетических показателей ключевых источников электропитания выделяют ...
    - а) уменьшение габаритных размеров и массы радиаторов силовых ключей схемы за счет повышения КПД схемы
    - б) уменьшение массогабаритных характеристик реактивных элементов преобразователя за счет увеличения частоты преобразования
    - в) повышение пропускной способности интегрированных элементов схемы.

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

Проектирование ключевых устройств.

1. Какие элементы использовались на первом этапе развития силовых полупроводниковых ключей?
  - а) Полупроводниковые ключи на базе вертикальных и многоканальных структур.
  - б) Силовые ключи с применением субмикронных технологий.
  - в) Основные типы управляемых полупроводниковых ключей (биполярных и униполярных транзисторов и обыкновенных тиристоров).
2. Что использовалось в качестве переключателя до появления полупроводникового ключа?
  - а) Газоразрядные вентили.
  - б) Ничего.
  - в) Газоразрядные переключатели.
3. Применительно к полевым транзисторам добротность ...
  - а) тем выше, чем меньше время пролета носителей
  - б) прямо пропорциональна времени пролета носителей и обратно пропорциональна

- передаточной крутизне  
в) прямо пропорциональна передаточной крутизне и обратно пропорциональна величине входной емкости затвора.
4. Укажите компромиссное техническое решение, позволившее объединить положительные свойства полевого управления и биполярной проводимости.
- IGBT.
  - Биполярные транзисторы и тиристоры.
  - МОП-транзисторы.
5. Широкое практическое применение индукционных тиристоров оказалось невозможным не только из-за сложностей технологии изготовления и высокой стоимости, но и по причине
- необходимости поддержания отрицательного смещения в цепи затвора при выключенном состоянии ключа
  - необходимости поддержания отсутствия смещения в цепи стока при выключенном состоянии ключа
  - невозможности работы при напряжении свыше 1000 В.
6. Укажите основные части структуры формирователей импульсов управления.
- Схема потенциальной развязки информационного канала.
  - Схема частотного преобразователя сигнала.
  - Схема усилителя импульсов управления.
  - Схема повышенной производительности прибора.
  - Схема обеспечения усилителя питанием.
7. Какие недостатки имеются у оптронной развязки?
- Температурная нестабильность параметров.
  - Низкий коэффициент передачи тока.
  - Большие потери энергии.
  - Плохое качество сигналов.
  - Большая задержка передачи сигналов.
8. Наиболее применяемыми вариантами выключения биполярного транзистора являются:
- режим автоматического выключения
  - режим фиксированного отрицательного тока базы
  - выключение отрицательным напряжением смещения
  - режим ограничения подаваемой энергии
  - выключение с ограничением скорости нарастания запирающего тока.
9. Что можно отнести к недостаткам эмиттерного управления?
- Необходимость применения дополнительного активного элемента.
  - Увеличение времени переключения с ростом рабочих напряжений и глубины насыщения транзистора.
  - Низкий коэффициент передачи тока.
  - Увеличение времени переключения с ростом рабочих напряжений и глубины насыщения транзистора.
  - Быстрый износ пассивных компонентов.
10. Регулирование скорости переключения транзисторов с изолированным затвором осуществляют за счет ...
- тиристора, который меняет свое состояние из «закрытого» в «открытое» или наоборот
  - резистора, включенного последовательно между выходным узлом драйвера и входной цепью ключа
  - активных компонентов, которые позволяют регулировать скорость переключения транзистора.

## 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 № 3 от «27» 9 2018 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
Доцент, каф. ПрЭ	Д.О. Пахмурин	Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0- b2ab-bc9421935400

### РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ПрЭ	А.И. Муравьев	Разработано, 5bdc982e-fa97-462b- a463-9fb92c83b318
---------------------------------	---------------	--