**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
_____ П.Е. Троян
«19» 12 2018 г.

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 (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | | 4 | з.е. |

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

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Троян П.Е.
Должность: Директор департамента образования
Дата подписания: 19.12.2018
Уникальный программный ключ:
1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Томск

Согласована на портале № 66846

## 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 |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 66846

| | | |
|---|---|---|
| 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<br>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<br>Владеет навыками расчета потерь транзисторов в режимах отсечки, насыщения и переключения транзистора. |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 66846

| | | |
|---|---|---|
| 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.<br>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.<br>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.<br>Владеет навыками выбора и расчета активных электронных компонентов, работающих в ключевом режиме, расчет выделяемой мощности. |

Согласована на портале № 66846

| | | |
|---|---|---|
| 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.<br>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.<br>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.<br>Владеет способами уменьшения вероятности появления аварийных ситуации 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 |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 14 | 14 |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 12 | 12 |
| Контрольные работы | 2 | 2 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 126 | 126 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 58 | 58 |
| Подготовка к контрольной работе | 68 | 68 |
| **Подготовка и сдача зачета** | 4 | 4 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

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

Согласована на портале № 66846

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 |
|---|---|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | | | |
| 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 |
|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | |
| 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 раздельной передачей энергии и информационного сигнала. Источники питания драйверов. | 2 | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 66846

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 |
|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | |
| 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 |
|---|---|---|---|---|
| **9 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 66846

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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

Согласована на портале № 66846

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) .

Согласована на портале № 66846

### 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.

Согласована на портале № 66846

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 |

Согласована на портале № 66846

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, 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 **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |

Согласована на портале № 66846

| | |
|---|---|
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** 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 **системном** 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 Ik=2.2А, 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 Ik=3.2А, 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 Ik=4.2А, 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 Ik=2.2А, 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 Ik=3.2А, 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 Ik=3.2А, 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

Согласована на портале № 66846

25 кГц
a) 0,4 мкФ;
b) 0,7 мкФ;
c) 1,2 мкФ;
d) 1,6 мкФ;

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

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Недостатком схемы обратноходового 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

Согласована на портале № 66846

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 GTO.
   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 IPM?
   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 полу-проводниковых 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

Согласована на портале № 66846

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

Согласована на портале № 66846

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

Согласована на портале № 66846

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.

Согласована на портале № 66846

**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 |

Согласована на портале № 66846