

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**УЧЕБНО-ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ (УПД-4)**

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)**

Кафедра: **промышленной электроники (ПрЭ)**

Курс: **5**

Семестр: **9**

Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности                             | 9 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------|-------|---------|
| Лабораторные занятия                                  | 72        | 72    | часов   |
| в т.ч. в форме практической подготовки                | 72        | 72    | часов   |
| Самостоятельная работа                                | 62        | 62    | часов   |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 4         | 4     | 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 аттестации | Семестр | Количество |
|--------------------------------|---------|------------|
| Зачет с оценкой                | 9       |            |
| Контрольные работы             | 9       | 1          |

Томск

## 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. Выработка у студентов навыков проектирования электронных устройств с применением электронных ключей. Изучение различных видов электронных ключей, их схем замещения, расчет электрических схем, содержащих электронные ключи.

3. Получение студентами навыков использования справочных данных элементов для их проектирования с учетом коэффициента запаса для повышения надежности работы схемы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль проектной деятельности (minor).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.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>   |   |  |
| -   | -   | -  |
| <b>Профессиональные компетенции</b>   |   |  |
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов | Знает методики расчета входных и выходных элементов, знает методы повышения быстродействия биполярных транзисторов.  |
|   | ПК-3.2. 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. |
|   | ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем       | Владеет навыками выбора и расчета активных электронных компонентов, работающих в ключевом режиме, расчет выделяемой мощности.  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| ПК-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков                        | Знает принципы построения схем, работающих в ключевом режиме, возможных аварийных ситуаций, возникающих при переключении элементов.  |
|  | ПК-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации | Умеет использовать справочные данные элементов при разработке конструкторской документации и выбирать их с учетом коэффициента запаса для повышения надежности работы схемы. |
|  | ПК-4.3. 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 работа обучающихся с преподавателем, всего</b>           | 78          | 78        |
| Лабораторные занятия   | 72          | 72        |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя                  | 4           | 4         |
| Контрольные работы   | 2           | 2         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, всего</b>                       | 62          | 62        |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 18          | 18        |
| Подготовка к лабораторной работе                                       | 12          | 12        |
| Написание отчета по лабораторной работе                                | 20          | 20        |
| Подготовка к контрольной работе  | 12          | 12        |
| <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 | Лаб. раб. | Контр. раб. | СРП, ч. | Сам. раб., ч | Всего часов (без промежуточной аттестации) | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|-----------|-------------|---------|--------------|--|-------------------------|
|                                    |           |             |         |              |  |                         |
| <b>9 семестр</b>                   |           |             |         |              |  |                         |

|  |    |   |   |    |     |            |
|--|----|---|---|----|-----|------------|
| 1 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.          | 18 | 2 | - | 13 | 33  | ПК-3, ПК-4 |
| 2 Характеристики и параметры силовых ключей.                   | 18 |   | 1 | 12 | 31  | ПК-3, ПК-4 |
| 3 Управление полупроводниковыми ключами.                       | 18 |   | 1 | 14 | 33  | ПК-3, ПК-4 |
| 4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.              | -  |   | 1 | 6  | 7   | ПК-3, ПК-4 |
| 5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах. | 18 |   | 1 | 17 | 36  | ПК-3, ПК-4 |
| Итого за семестр   | 72 | 2 | 4 | 62 | 140 |            |
| Итого  | 72 | 2 | 4 | 62 | 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.          | Силовые биполярные транзисторы. Мощные МДП-транзисторы. Тиристоры.                                    | 0      | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | -      |                         |
| 2 Характеристики и параметры силовых ключей.                   | Предельные характеристики полупроводниковых ключей. Тепловые характеристики полупроводниковых ключей. | 1      | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 1      |                         |
| 3 Управление полупроводниковыми ключами.                       | Формирователи управляющих импульсов.  | 1      | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 1      |                         |
| 4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.              | Защитные цепи силовых ключей. Силовые ключи с интегрированной системой защиты.                        | 1      | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 1      |                         |
| 5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах. | Ключ на биполярном транзисторе. Ключ на мощном МДП-транзисторе.                                       | 1      | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 1      |                         |
| Итого за семестр   |   | 4      |                         |
| Итого  |   | 4      |                         |

### 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 | ПК-3, ПК-4 |
| Итого за семестр |   | 2 |            |
| Итого            |   | 2 |            |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины                             | Наименование лабораторных работ                         | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>9 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 1 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.          | ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ, ФОРМИРУЮЩИЕ ЦЕПИ.   | 18              | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 18              |                         |
| 2 Характеристики и параметры силовых ключей.                   | ЭЛЕКТРОННЫЙ КЛЮЧ.                                       | 18              | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 18              |                         |
| 3 Управление полупроводниковыми ключами.                       | ИССЛЕДОВАНИЕ ЖДУЩЕГО МУЛЬТИВИБРАТОРА И ТРИГГЕРА ШМИДТА. | 18              | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 18              |                         |
| 5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах. | Генератор линейно изменяющегося напряжения.             | 18              | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого   | 18              |                         |
| Итого за семестр   |   | 72              |                         |
| Итого  |   | 72              |                         |

#### 5.5. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом

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

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – 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 | 3  | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
|   | Подготовка к лабораторной работе                                       | 3  | ПК-3, ПК-4 | Лабораторная работа           |
|   | Написание отчета по лабораторной работе                                | 5  | ПК-3, ПК-4 | Отчет по лабораторной работе  |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 2  | ПК-3, ПК-4 | Контрольная работа            |
|   | Итого  | 13 |            |                               |
| 2 Характеристики и параметры силовых ключей.          | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 3  | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
|   | Подготовка к лабораторной работе                                       | 3  | ПК-3, ПК-4 | Лабораторная работа           |
|   | Написание отчета по лабораторной работе                                | 4  | ПК-3, ПК-4 | Отчет по лабораторной работе  |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 2  | ПК-3, ПК-4 | Контрольная работа            |
|   | Итого  | 12 |            |                               |
| 3 Управление полупроводниковыми ключами.              | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 4  | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
|   | Подготовка к лабораторной работе                                       | 3  | ПК-3, ПК-4 | Лабораторная работа           |
|   | Написание отчета по лабораторной работе                                | 5  | ПК-3, ПК-4 | Отчет по лабораторной работе  |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 2  | ПК-3, ПК-4 | Контрольная работа            |
|   | Итого  | 14 |            |                               |
| 4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.     | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 4  | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 2  | ПК-3, ПК-4 | Контрольная работа            |
|   | Итого  | 6  |            |                               |

|  |  |    |            |                               |
|--|--|----|------------|-------------------------------|
| 5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 4  | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой, Тестирование |
|  | Подготовка к лабораторной работе                                       | 3  | ПК-3, ПК-4 | Лабораторная работа           |
|  | Написание отчета по лабораторной работе                                | 6  | ПК-3, ПК-4 | Отчет по лабораторной работе  |
|  | Подготовка к контрольной работе  | 4  | ПК-3, ПК-4 | Контрольная работа            |
|  | Итого  | 17 |            |                               |
| Итого за семестр   |  | 62 |            |                               |
|  | Подготовка и сдача зачета  | 4  |            | Зачет с оценкой               |
| Итого  |  | 66 |            |                               |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |     |           | Формы контроля   |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----|-----------|--|
|                         | Лаб. раб.                 | Конт. Раб. | СРП | Сам. раб. |  |
| ПК-3                    | +                         | +          | +   | +         | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование |
| ПК-4                    | +                         | +          | +   | +         | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, 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. Муравьев А. И. Учебно-проектная деятельность : методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / А. И. Муравьев, С.Г. Михальченко. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 17 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной 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. Муравьев, А.И. Учебно-проектная деятельность (УПД-4) [электронный ресурс] [Электронный ресурс]: электронный курс / А.И. Муравьев. - Томск: ТУСУР, ФДО, 2020. (доступ из личного кабинета студента) .

### **7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

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. | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|   |            | Контрольная работа           | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|   |            | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                                  |
|   |            | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|   |            | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                                  |
| 2 Характеристики и параметры силовых ключей.          | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|   |            | Контрольная работа           | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|   |            | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                                  |
|   |            | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|   |            | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                                  |
| 3 Управление полупроводниковыми ключами.              | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|   |            | Контрольная работа           | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|   |            | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                                  |
|   |            | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|   |            | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                                  |
| 4 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей.     | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|   |            | Контрольная работа           | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|   |            | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                      |

|  |            |                              |  |
|--|------------|------------------------------|--|
| 5 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах. | ПК-3, ПК-4 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|  |            | Контрольная работа           | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
|  |            | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ                                  |
|  |            | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                      |
|  |            | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ                                  |

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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>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<br>(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  $25 кГц$
- 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. Бутстреperный диод выбирают:
- a) с максимальным обратным напряжением;
  - b) с максимальным прямым током;
  - c) с минимальным обратным током;
  - d) с минимальным прямым напряжением;
12. В ОБР режим АВ ограничивается:
- a) предельным током коллектора;
  - b) предельным напряжением коллектор-эмиттер;
  - c) вторичным пробоем транзистора;
  - d) лавинным пробоем транзистора.
13. В ОБР режим ВС ограничивается:
- a) предельным током коллектора;
  - b) предельным напряжением коллектор-эмиттер;
  - c) вторичным пробоем транзистора;
  - d) лавинным пробоем транзистора.
14. В ОБР режим CD ограничивается:
- a) предельным током коллектора;
  - b) предельным напряжением коллектор-эмиттер;
  - c) вторичным пробоем транзистора;
  - d) лавинным пробоем транзистора.
15. В ОБР режим DE ограничивается:
- a) предельным током коллектора;
  - b) предельным напряжением коллектор-эмиттер;
  - c) вторичным пробоем транзистора;
  - d) лавинным пробоем транзистора.
16. Форсирующий конденсатор в цепи базы позволяет:
- a) уменьшить только время включения транзистора;
  - b) уменьшить только время выключения транзистора;

- с) уменьшить напряжения насыщения транзистора;
  - д) уменьшить время включения и выключения транзистора.
17. Коэффициент насыщения транзистора определяется:
    - а) напряжением э-б;
    - б) избыточным зарядом неосновных носителей в базе;
    - с) напряжением к-э;
    - д) током коллектора.
  18. Чем определяются потери в диоде:
    - а) потери в прямом включении;
    - б) потери в обратном включении;
    - с) суммой потерь в прямом и обратном включении;
    - д) временем восстановления диода.
  19. Укажите прибор с самыми низкими частотными характеристиками:
    - а) тиристор;
    - б) биполярный транзистор;
    - с) МОП-транзистор;
    - д) диод.
  20. Чем определяется предельная частота биполярного транзистора:
    - а) коэффициентом усиления при нулевой частоте;
    - б) частота с усилением 0.7;
    - с) частота с усилением 0.1;
    - д) с усилением на частоте 1 МГц.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

Приведены примеры типовых заданий из банка контрольных тестов, составленных по пройденным разделам дисциплины.

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 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 вариантов (заданий) контрольных работ

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 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 состояние 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.

#### **9.1.4. Темы лабораторных работ**

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ, ФОРМИРУЮЩИЕ ЦЕПИ.
2. ЭЛЕКТРОННЫЙ КЛЮЧ.
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЖДУЩЕГО МУЛЬТИВИБРАТОРА И ТРИГГЕРА ШМИДТА.
4. Генератор линейно изменяющегося напряжения.

#### **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 № 24 от « 8 » 11 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                          | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ    | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| Начальник учебного управления      | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                 |               |  |
|---------------------------------|---------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ТЭО | А.В. Гураков  | Согласовано,<br>4bfa5749-993c-4879-<br>adcf-c25c69321c91 |
| Доцент, каф. ПрЭ                | Д.О. Пахмурин | Согласовано,<br>ce9e048a-2a49-44a0-<br>b2ab-bc9421935400 |

### РАЗРАБОТАНО:

|   |                  |  |
|---|------------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ПрЭ                                 | А.И. Муравьев    | Разработано,<br>5bdc982e-fa97-462b-<br>a463-9fb92c83b318 |
| Заведующий кафедрой промышленной электроники<br>(ПрЭ), каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Разработано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |