**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Силовые электронные устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **15.03.06 Мехатроника и робототехника**
Направленность (профиль): **Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФИТ, Факультет инновационных технологий**
Кафедра: **УИ, Кафедра управления инновациями**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 32 | 32 | часов |
| 2 | Лабораторные работы | 64 | 64 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 96 | 96 | часов |
| 4 | Из них в интерактивной форме | 12 | 12 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 120 | 120 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 216 | 216 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 216 | 216 | часов |
| | | 6.0 | 6.0 | З.Е |

Дифференцированный зачет: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 5996

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 21 от « 20 » 1 2017 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного 12 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «20» января 2017 года, протокол №21.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| доцент кафедры УИ | _____ | П. Н. Дробот |
| ст. диспетчер ФИТ | _____ | О. В. Килина |

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

| | | |
|---|---|---|
| Декан ФИТ | _____ | Г. Н. Нариманова |
| Заведующий выпускающей каф. УИ | _____ | Г. Н. Нариманова |
| Заведующий обеспечивающей каф. УИ | _____ | Г. Н. Нариманова |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| доцент Кафедры УИ | _____ | М. Е. Антипин |
| профессор Кафедры УИ | _____ | А. И. Солдатов |

Согласована на портале № 5996

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

- получение студентами основных научно-практических, общесистемных знаний в области современной силовой электроники и преобразователях электрической энергии.

### 1.2. Задачи дисциплины

– изучение вопросов применения силовой электроники и преобразовательной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Силовые электронные устройства» (Б1.В.ДВ.5.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Веб-программирование, Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике, Цифровая обработка сигналов, Электротехника.

Последующими дисциплинами являются: Моделирование роботов и робототехнических систем, Проектирование цифровых систем управления, Сервоприводы.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 владением современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности;

ОПК-6 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать** современное состояние дел в области научных и технических исследований в части создания силовой элементной базы; основные схемотехнические решения устройств силовой электроники.

**уметь** критически и обоснованно формулировать постановку задачи научного исследования и разработки технических решений; применять современные методы исследования, включая передовые методы программирования и компьютерного моделирования, которые требуются для корректного и наиболее эффективного решения задач, по выбору и разработке силовой элементной базы; применять, эксплуатировать и производить выбор преобразователей энергии; разбираться с принципом работы преобразователей энергии

**владеть** навыками оценки и анализа современной силовой электроники и преобразователей энергии и современными средствами анализа силовых электронных схем и драйверов сопряжения.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 96 | 96 |
| Лекции | 32 | 32 |
| Лабораторные работы | 64 | 64 |
| Из них в интерактивной форме | 12 | 12 |
| Самостоятельная работа (всего) | 120 | 120 |

Согласована на портале № 5996

| | | |
|---|---|---|
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 72 | 72 |
| Проработка лекционного материала | 48 | 48 |
| Всего (без экзамена) | 216 | 216 |
| Общая трудоемкость ч | 216 | 216 |
| Зачетные Единицы | 6.0 | 6.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лекции | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | | |
| 1 Силовые электронные ключи. Классификация и функциональное назначение. | 4 | 6 | 10 | 20 | ОПК-3, ОПК-6 |
| 2 Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов. | 4 | 8 | 12 | 24 | ОПК-3, ОПК-6 |
| 3 Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах. | 4 | 8 | 20 | 32 | ОПК-3, ОПК-6 |
| 4 Пассивные компоненты силовых электронных приборов. | 4 | 12 | 22 | 38 | ОПК-3, ОПК-6 |
| 5 Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей. | 4 | 12 | 20 | 36 | ОПК-3, ОПК-6 |
| 6 Системы управления силовыми электронными аппаратами. | 6 | 6 | 18 | 30 | ОПК-3, ОПК-6 |
| 7 Микропроцессоры в силовых электронных аппаратах. | 6 | 12 | 18 | 36 | ОПК-3, ОПК-6 |
| Итого за семестр | 32 | 64 | 120 | 216 | |
| Итого | 32 | 64 | 120 | 216 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Силовые электронные ключи. Классификация и функциональное назначение. | Электронные ключи. Статический режим работы ключей. Динамический режим работы ключей. Область безопасной работы и защита ключей от больших токов и напряжений в импульсном режиме работы. | 4 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов. | Статические вольтамперные характеристики диодов и транзисторов. Динамические характеристики диодов и транзисторов. Защита силовых диодов и транзисторов. Обеспечение безопасной работы транзисторов. Основные типы силовых диодов и транзисторов. | 4 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах. | Принцип действия тиристора. Статическая вольтамперная характеристика тиристора. Динамические характеристики тиристоров. Запираемые тиристоры. Основные типы тиристоров. Защита тиристоров от больших токов и напряжений. | 4 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Пассивные компоненты силовых электронных приборов. | Влияние повышенной частоты и несинусоидальности напряжения на работу трансформаторно-реакторного оборудования. Влияние формы и частоты на работу конденсаторов. Теплоотвод в силовых электронных приборах. Тепловые режимы работы силовых электронных ключей. Охлаждение силовых электронных ключей. | 4 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей. | Последовательное и параллельное соединение ключевых элементов. Типовые схемы модулей силовых ключей. Интеллектуальные силовые интегральные микросхемы. | 4 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Системы управления силовыми электронными аппаратами. | Назначение и принципы функционирования систем управления силовыми электронными аппаратами. Моделирование регуляторов. Интегральные микросхемы в системах управления силовыми электронными | 6 | ОПК-3, ОПК-6 |

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| | аппаратами. Линейные усилители и преобразователи аналоговых сигналов. Формирователи импульсов управления силовыми ключами. Генераторы и распределители импульсов управления. | | |
| | Итого | 6 | |
| 7 Микропроцессоры в силовых электронных аппаратах. | Устройства с микропроцессорами. Устройства микро-процессора и выполняемые функции. Конструкции микропроцессорных контроллеров. Применение микропроцессоров в электроаппаратостроении. | 6 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 32 | |

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Веб-программирование | | | + | | | + | |
| 2 Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике | | | + | | | + | + |
| 3 Цифровая обработка сигналов | + | + | + | | | + | + |
| 4 Электротехника | + | | + | | + | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Моделирование роботов и робототехнических систем | | | | + | + | + | |
| 2 Проектирование цифровых систем управления | + | + | + | | | + | |
| 3 Сервоприводы | | + | + | + | | + | |

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

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

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

| Компетенции | Виды занятий | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |

Согласована на портале № 5996

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ОПК-3 | + | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Расчетная работа, Дифференцированный зачет |
| ОПК-6 | + | + | + | Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Расчетная работа, Дифференцированный зачет |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| Исследовательский метод | 4 | | 4 |
| Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением | | 4 | 4 |
| Case-study (метод конкретных ситуаций) | | 4 | 4 |
| Итого за семестр: | 4 | 8 | 12 |
| Итого | 4 | 8 | 12 |

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (часы) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Силовые электронные ключи. Классификация и функциональное назначение. | Рассмотрение практических диодных, транзисторных и тиристорных ключей и схемотехнику их построения. | 6 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| 2 Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов. | Разработать схему однополупериодного высокочастотного выпрямителя, сделать макет и произвести его статические испытания по определению нагрузочных характеристик. Произвести осциллографирование процессов работы выпрямителя при различных частотах переменного напряжения. Разработать схемы импульсных ключей на биполярном и МОП | 8 | ОПК-3, ОПК-6 |

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| | транзисторах. Определить статические и динамические режимы их работы. Сделать соответствующие выводы. | | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах. | Разработать схему тиристорного ключа. Исследовать характеристики схемы и проверить их на соответствие с известны-ми уравнениями. | 8 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 8 | |
| 4 Пассивные компоненты силовых электронных приборов. | Рассмотреть различные конструкции трансформаторов и дросселей и выполнить их критический анализ. Измерить паразитные параметры резисторов, конденсаторов и индуктивностей. Определить методы снижения их негативного влияния на работу силовых устройств при высоких частотах преобразования. | 12 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 12 | |
| 5 Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей. | Рассмотреть схемы и конструкции различных силовых электронных ключей. Оценить оптимальность выбранной конструкции с точки зрения отвода тепла. Разобрать принцип действия схем ключей и определить параметры управляющих сигналов. | 12 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 12 | |
| 6 Системы управления силовыми электронными аппаратами. | Выполнить анализ функционирования нескольких систем управления силовыми электронными аппаратами | 6 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| 7 Микропроцессоры в силовых электронных аппаратах. | Выяснение преимуществ применения микропроцессоров для реализации функций управления и стабилизации выходных параметров силовых электронных устройств. Принципы программирования микроконтроллеров. | 12 | ОПК-3, ОПК-6 |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 64 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП

## 9. Самостоятельная работа

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

Согласована на портале № 5996

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Силовые электронные ключи. Классификация и функциональное назначение. | Проработка лекционного материала | 4 | ОПК-3, ОПК-6 | Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 2 Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов. | Проработка лекционного материала | 4 | ОПК-3, ОПК-6 | Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 3 Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах. | Проработка лекционного материала | 10 | ОПК-3, ОПК-6 | Выступление (доклад) на занятии, Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | | |
| | Итого | 20 | | |
| 4 Пассивные компоненты силовых электронных приборов. | Проработка лекционного материала | 10 | ОПК-3, ОПК-6 | Выступление (доклад) на занятии, Дифференцированный зачет, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | | |
| | Итого | 22 | | |
| 5 Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей. | Проработка лекционного материала | 8 | ОПК-3, ОПК-6 | Выступление (доклад) на занятии, Дифференцированный зачет, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | | |
| | Итого | 20 | | |
| 6 Системы управления силовыми электронными аппаратами. | Проработка лекционного материала | 6 | ОПК-3, ОПК-6 | Выступление (доклад) на занятии, Дифференцированный зачет, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | | |
| | Итого | 18 | | |
| 7 Микропроцессоры в силовых электронных аппаратах. | Проработка лекционного материала | 6 | ОПК-3, ОПК-6 | Выступление (доклад) на занятии, Дифференцированный зачет, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | | |
| | Итого | 18 | | |
| Итого за семестр | | 120 | | |

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| Итого | 120 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 5 | 5 | | 10 |
| Дифференцированный зачет | | | 30 | 30 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Расчетная работа | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Итого максимум за период | 25 | 25 | 50 | 100 |
| Нарастающим итогом | 25 | 50 | 100 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |

Согласована на портале № 5996

| | | |
|---|---|---|
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. А. И. Белоус. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. - М. : Техносфера, 2013. - 216 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
2. Силовая электроника: от простого к сложному. Импульсные источники электропитания. Пер-спективная элементная база. Основы инженерного проектирования. Практические конструкции. Необходимая информация на виртуальном CD-ROM: настольная книга инженера / Б. Ю. Семенов. - 2-е изд., испр. - М. : Солон-Пресс, 2015. - 416 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов / Б. Ю. Семенов. - М. : Солон-Р, 2001. - 327 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. - 2-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2005. - 380 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 16 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Силовые электронные устройства: Методические рекомендации по проведению практических занятий и лабораторных работ и по организации самостоятельной работы студентов (с глоссарием) / Дробот П. Н. - 2014. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3965, дата обращения: 23.03.2017.

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

**Для лиц с нарушениями зрения:**

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

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Poleviki.ru База данных электронных компонентов [Электронный ресурс] URL: http://easyelectronics.ru /

Согласована на портале № 5996

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходимо: Иллюстративный мультимедийный материал (слайды, фрагменты фильмов, иллюстрации) по проектированию технологий. Оборудование для компьютерных презентаций: компьютер, проектор, экран. компьютерный класс для проведения практических и самостоятельных работ

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 4 этаж, ауд. 414.. г. Томск ул. Красноармейская д. 147, 2 этаж, ауд. 235. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -10 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional ; Microsoft Office Access 2003. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 126. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры в количестве - 6 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

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

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Согласована на портале № 5996

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

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

### 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 5996

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Силовые электронные устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **15.03.06 Мехатроника и робототехника**
Направленность (профиль): **Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФИТ, Факультет инновационных технологий**
Кафедра: **УИ, Кафедра управления инновациями**
Курс: **3**
Семестр: **6**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- доцент кафедры УИ П. Н. Дробот
- ст. диспетчер ФИТ О. В. Килина

Дифференцированный зачет: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 5996

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ОПК-6 | способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | Должен знать современное состояние дел в области научных и технических исследований в части создания силовой элементной базы; основные схемотехнические решения устройств силовой электроники.; Должен уметь критически и обоснованно формулировать постановку задачи научного исследования и разработки технических решений; применять современные методы исследования, включая пере-довые методы программирования и компьютерного моделирования, которые требуются для кор-ректного и наиболее эффективного решения задач, по выбору и разработке силовой элементной базы; применять, эксплуатировать и производить выбор преобразователей энергии; разбираться с принципом работы преобразователей энергии; Должен владеть навыками оценки и анализа современной силовой электроники и преобразователей энергии и современными средствами анализа силовых электронных схем и драйверов сопряжения.; |
| ОПК-3 | владением современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности | |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие | Обладает диапазоном практических умений, | Берет ответственность за завершение задач в |

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| | понятия в пределах изучаемой области | требуемых для решения определенных проблем в области исследования | исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-6

ОПК-6: способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | как решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности |
| Виды занятий | • Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Расчетная работа;<br>• Дифференцированны | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Расчетная работа;<br>• Дифференцированны | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Расчетная работа;<br>• Дифференцированный зачет; |

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| | й зачет; | й зачет; | |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Обладает фактическими и теоретическими знаниями при решении стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; | • Обладает диапазоном практических умений, требуемым для решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; | • способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Обладает базовыми знаниями при решении стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; | • Обладает диапазоном практических умений, требуемым для решения отдельных стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий; | • способностью решать отдельные стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Знает в общих чертах как решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной | • Обладает основными умениями, требуемыми для решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий; | • работает под прямым наблюдением, решая стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий; |

Согласована на портале № 5996

| | | | |
|---|---|---|---|
| | безопасности; | | |

### 2.2 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: владением современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | современные информационные технологии, применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности | применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности | владением современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности |
| Виды занятий | • Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Расчетная работа;<br>• Дифференцированный зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Расчетная работа;<br>• Дифференцированный зачет; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Расчетная работа;<br>• Дифференцированный зачет; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Согласована на портале № 5996

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • анализирует связи между различными подходами к проектированию робототехнических систе;<br>• представляет способы и результаты использования различных методов проектирования;<br>• обосновывает выбор методов автоматизированного проектирования в задачах мехатроники и робототехники; | • свободно применяет средства автоматизированного проектирования и машинной графики;<br>• умеет аргументированно доказывать применимость средств проектирования к задачам мехатроники и робототехники; | • способен руководить междисциплинарной командой ;<br>• свободно владеет средствами автоматизированного проектирования мехатронных и робототехнических систем; |
| Хорошо (базовый уровень) | • понимает связи между различными подходами к проектированию ;<br>• аргументирует выбор подхода к проектированию в задачах мехатроники и робототехники; | • умеет аргументированно обосновывать возможность применения известных методов проектирования ;<br>• самостоятельно подбирает средства автоматизированного проектирования для решения задач мехатроники и робототехники ; | • критически осмысливает полученные знания ;<br>• компетентен в современных информационных технологиях ;<br>• владеет средствами машинной графики; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • дает определения основных подходов к проектированию робототехнических систем ;<br>• знает основные программные средства автоматизированного проектирования и умеет их применять на практике; | • умеет работать со справочной литературой ;<br>• использует программные средства проектирования, предложенные преподавателем ;<br>• умеет представлять результаты своей работы; | • владеет терминологией в области программного обеспечения для автоматизированного проектирования ;<br>• способен корректно применить информационные технологии к решению задач робототехники; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

Согласована на портале № 5996

### 3.1 Темы опросов на занятиях

1. Электронные ключи.
2. Статический режим работы ключей.
3. Динамический режим работы ключей.
4. Область безопасной работы и защита ключей от больших токов и напряжений в импульсном режиме работы.
5. Статические вольтамперные характеристики диодов и транзисторов.
6. Динамические характеристики диодов и транзисторов.
7. Защита силовых диодов и транзисторов.
8. Обеспечение безопасной работы транзисторов.
9. Основные типы силовых диодов и транзисторов.
10. Принцип действия тиристора.
11. Статическая вольтамперная характеристика тиристора.
12. Динамические характеристики тиристоров.
13. Запираемые тиристоры.
14. Основные типы тиристоров.
15. Защита тиристоров от больших токов и напряжений.

### 3.2 Темы докладов

1. Статические и гибридные коммутационные аппараты постоянного и переменного тока. Принципы реализации коммутационной аппаратуры.
2. Импульсные стабилизаторы и импульсные преобразователи постоянного и переменного тока.
3. Виды регуляторов постоянного и переменного напряжения. Электромагнитные управляемые компоненты.
4. Тиристорные инверторы, их виды.
5. Транзисторные реле и контакторы. Тиристорные контакторы.

### 3.3 Вопросы дифференцированного зачета

1. Охарактеризовать переходные процессы переключения электрической цепи, состоящей из различного вида соединений активных и реактивных элементов. 2. Пояснить причины возникновения коммутационных перенапряжений и пусковых токов при подключении и отключении реактивных элементов к постоянному и переменному напряжению. 3. Сущность термина «область безопасной работы» силовых коммутаторов. 4. Определение статических потерь мощности в силовом диоде по вольтамперной характеристике диода. 5. Влияние инерционности диода на его функционирование при высокой частоте переключения. 6. Методы повышения быстродействия силовых диодов. 7. Конструкции корпуса силовых диодов и транзисторов. 8. Основное различие биполярных и МОП транзисторов. Преимущества тех и других и недостатки. 9. Сущность и причины инерционности диодов и транзисторов и методы повышения их быстродействия. 10. Зависимость КПД транзисторного ключа от частоты его переключения. 11. Условия перехода тиристора во включенное состояние. 12. Причины невыключения тиристора, пояснить по транзисторной эквивалентной схеме тиристора. 13. Требования, предъявляемые к импульсам управления тиристора и определение их параметров. 14. Сравнение областей применения тиристоров и транзисторов по выходной или преобразуемой мощности. 15. Методы и схемы защиты тиристоров. 16. Изобразить эквивалентную схему тепловых сопротивлений конструкции охлаждения транзистора, диода или тиристора. 17. Пояснить необходимость применения теплоотвода для микросхем процессора. 18. Отличие конструкции силовых полупроводниковых приборов от маломощных информационных приборов. 19. Принципы последовательного и параллельного соединения полупроводниковых приборов. 20. Привести примеры схем модулей силовых ключей и диодных сборок. 21. Тепловые параметры и принципы конструирования силовых модулей. 22. Обеспечение областей безопасной работы транзисторных силовых модулей. 23. Вентиляторы в современных компьютерах. 24. Привести примеры

Согласована на портале № 5996

реализации систем управления электронными аппаратами. 25. Основные функции систем управления силовыми электронными аппаратами. 26. Системы защиты силовых электронных аппаратов. 27. Законы изменения длительности при импульсном управлении силовыми электронными аппаратами, обеспечивающие синусоидальную форму выходного напряжения. 28. Диаграмма распределения импульсов управления тиристорами встречно включенных тиристоров в цепи переменного тока и структурную схему системы управления, их реализующую. 29. Схемотехника схем управления в импульсных стабилизаторах и регуляторах постоянного и переменного напряжения. 30. Чем отличаются микропроцессорные реле защиты асинхронного двигателя от перегрузок от теплового реле. 31. Принципы использования микропроцессоров в силовых электронных аппаратах и реализуемые при этом преимущества. 32. Функции, выполняемые микропроцессорами в силовых электронных аппаратах. 33. Виды микроконтроллеров, используемые в силовых электронных устройствах. 34. Применение типовых микроконтроллеров в источниках вторичного электропитания. 35. Отличие статических коммутационных аппаратов от гибридных. 36. Принципы реализации тиристорных контакторов. 37. Контакторы постоянного и переменного тока. 38. Электромагнитные управляемые устройства. 39. IGBT транзисторы, их преимущества и области применения. 40. Принцип выключения тиристора. Области безопасной работы тиристора при высоких токах и напряжениях. Области предпочтительного применения тиристоров.

### 3.4 Темы расчетных работ

1. Измерить паразитные параметры резисторов, конденсаторов и индуктивностей. Определить методы снижения их негативного влияния на работу силовых устройств при высоких частотах преобразования.
2. Рассмотреть схемы и конструкции различных силовых электронных ключей. Оценить оптимальность выбранной конструкции с точки зрения отвода тепла.
3. Изучить принцип действия схем ключей и определить параметры управляющих сигналов.

### 3.5 Темы лабораторных работ

1. Разработать схему однополупериодного высокочастотного выпрямителя, сделать макет и произвести его статические испытания по определению нагрузочных характеристик. Произвести осциллографирование процессов работы выпрямителя при различных частотах переменного напряжения.

2. Разработать схемы импульсных ключей на биполярном и МОП транзисторах. Определить статические и динамические режимы их работы. Сделать соответствующие выводы. .

3. Разработать схему тиристорного ключа. Исследовать характеристики схемы и проверить их на соответствие с известными уравнениями.

4. Рассмотреть различные конструкции трансформаторов и дросселей и выполнить их критический анализ.

5. Измерить паразитные параметры резисторов, конденсаторов и индуктивностей. Определить методы снижения их негативного влияния на работу силовых устройств при высоких частотах преобразования.

6. Рассмотреть схемы и конструкции различных силовых электронных ключей. Оценить оптимальность выбранной конструкции с точки зрения отвода тепла.

7. Изучить принцип действия схем ключей и определить параметры управляющих сигналов

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

2. методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

Согласована на портале № 5996

### 4.1. Основная литература

1. А. И. Белоус. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. - М. : Техносфера, 2013. - 216 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)
2. Силовая электроника: от простого к сложному. Импульсные источники электропитания. Пер-спективная элементная база. Основы инженерного проектирования. Практические конструкции. Необходимая информация на виртуальном CD-ROM: настольная книга инженера / Б. Ю. Семенов. - 2-е изд., испр. - М. : Солон-Пресс, 2015. - 416 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

### 4.2. Дополнительная литература

1. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов / Б. Ю. Семенов. - М. : Солон-Р, 2001. - 327 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. - 2-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2005. - 380 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 16 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Силовые электронные устройства: Методические рекомендации по проведению практических занятий и лабораторных работ и по организации самостоятельной работы студентов (с глоссарием) / Дробот П. Н. - 2014. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3965, свободный.

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Poleviki.ru База данных электронных компонентов [Электронный ресурс] URL: http://easyelectronics.ru /

Согласована на портале № 5996