

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИО-  
ЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой «Управление инно-  
вациями»

\_\_\_\_\_ /А.Ф.Уваров  
(подпись) (ФИО)

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2014 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯ-  
ТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ  
(с глоссарием)  
по дисциплине**

**СИЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА**

Составлена кафедрой

«Управление инновациями»

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки 221000.62 «Мехатроника и ро-  
бототехника»

Форма обучения

очная

Разработчик: к.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ П.Н. Дробот

Томск 2014 г.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

1. СТРУКТУРА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	3
2. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА .....	5
3. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	8
4. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ .....	9
5. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ .....	11
6. ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ДИСЦИПЛИНЫ (ГЛОССАРИЙ).....	13
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15

# 1. СТРУКТУРА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа (СР) студентов – особая форма организации учебного процесса, которая осуществляется без прямой помощи преподавателя и представляет собой планируемую и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата – овладение теорией, практическим аппаратом и инструментарием проектирования силовых электронных приборов.

Самостоятельная работа – важная часть учебного процесса, поскольку позволяет студенту систематизировать полученные знания по изучаемой дисциплине, а преподавателю - проверить качество этих знаний, выявить способности студента к самостоятельному мышлению, критическому анализу, к умению отбирать нужный материал, формулировать выводы, предложения и рекомендации по предмету изучения и проконтролировать умение студента правильно организовать свою работу и оформить ее результаты.

Самостоятельная работа студентов, в соответствии с учебным планом и с рабочей программой дисциплины состоит из следующих разделов:

**1) изучение дополнительного теоретического материала** по темам лекций;

**2) внесение изменений в конспекты лекций по темам курса**, в соответствии с новым, изученным самостоятельно, материалом;

**3) подготовка к лабораторным занятиям:** изучение теоретического материала по темам лабораторных занятий с использованием текстов лекций и рекомендуемой методической литературы; изучение проблемной информации по вопросам проектирования силовых приборов; завершение заданий, выполняемых на лабораторных работах; овладение практическими навыками применения

программных комплексов в проектировании и моделировании силовых электронных приборов.

**4) изучение тем (вопросов) теоретической части курса, отводимых на самостоятельную проработку.**

**5) подготовка к зачету.**

**В процессе самостоятельной работы студент вырабатывает следующие компетенции, предусмотренные основной образовательной программой.** Коды компетенций приведены в соответствии с ФГОС ВПО 221000.62 «Мехатроника и робототехника», утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 545 от 09.11.2009 г.

**Профессиональные компетенции:**

способностью и готовностью: разрабатывать математические модели составных частей объектов профессиональной деятельности методами теории автоматического управления; применять необходимые для построения моделей знания принципов действия и математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем (информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники); реализовывать модели средствами вычислительной техники; определять характеристики объектов профессиональной деятельности по разработанным моделям (ПК-1)

способностью и готовностью: разрабатывать макеты информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать про-

граммные средства макетов; проводить настройку и отладку макетов; применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения характеристик и параметров макетов (ПК-2)

способностью и готовностью: вести патентные исследования в области профессиональной деятельности; выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать функциональные схемы; проводить энергетический расчет и выбор исполнительных элементов; вести анализ устойчивости, точности и качества процессов управления; проводить регулировочные расчеты - синтез алгоритмов управления и корректирующих устройств; вести разработку алгоритмов и программных средств реализации корректирующих устройств; проводить кинематические, прочностные расчеты, оценки точности механических узлов; вести расчеты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных устройств (ПК-3)

## **2. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

Самостоятельная работа студента включает изучение материалов, которые студент получил в ходе консультаций с руководителем и которые он самостоятельно получил в ходе отбора информации по известным литературным источникам и по источникам, размещенным в Интернет. Индивидуальная работа студентов предполагает посещение тематических консультаций руководителя и преподавателей соответствующих кафедр университета.

## **Вопросы для самостоятельной работы:**

### **Тема 1. Силовые электронные ключи. Классификация и функциональное назначение.**

Найти в Интернете различные виды силовых электронных ключей, сравнить их параметры и определить области применения в различных областях силовой электроники.

### **Тема 2. Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов.**

Выполнить сравнение биполярных и МОП транзисторов, определить преимущества и недостатки тех и других. IGBT транзисторы, их преимущества и области применения.

### **Тема 3. Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах.**

Энергетическое преимущество тиристора по отношению к биполярному транзистору в части управления. Сравнить потребление тиристора и транзистора по мощности управления для одного из типов тиристора и транзистора. Принцип выключения тиристора. Области безопасной работы тиристора при высоких токах и напряжениях. Области предпочтительного применения тиристоров.

### **Тема 4. Пассивные компоненты силовых электронных приборов.**

Трансформаторы, их характеристики. Изменение параметров трансформатора при изменении частоты и формы переменного напряжения. Паразитные параметры резисторов, конденсаторов и индуктивностей и их влияние на технико-экономические характеристики.

## **Тема 5. Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей.**

Необходимость модульного принципа построения силовых электронных устройств. Структурные схемы силовых электронных ключей и их конструкторская реализация. Выбрать из Интернета несколько типов силовых электронных модулей, сравнить их характеристики и определить области их применения.

## **Тема 6. Системы управления силовыми электронными аппаратами.**

Пояснить необходимость усложнения систем управления для современных силовых электронных аппаратов. Рассмотреть несколько систем управления силовыми электронными аппаратами и изучить принцип их построения.

## **Тема 7. Микропроцессоры в силовых электронных аппаратах.**

Микропроцессор – как универсальное средство улучшения самых различных характеристик силовых электронных аппаратов. Принцип действия микропроцессоров и реализуемые при этом функции. Примеры применения микропроцессоров в силовой электронике.

## **Тема 8. Статические коммутационные аппараты и регуляторы постоянного и переменного тока.**

Рассмотреть принципы реализации коммутационной аппаратуры. Виды регуляторов постоянного и переменного напряжения. Импульсные стабилизаторы и импульсные преобразователи постоянного и переменного тока. Тиристорные инверторы, их виды.

### **3. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

#### **Примерная тематика практических занятий**

**Тема 1. Силовые электронные ключи. Классификация и функциональное назначение.**

Рассмотрение практических диодных, транзисторных и тиристорных ключей и схемотехнику их построения.

**Тема 2. Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов.**

Рассмотрение необходимости введения выравнивающих элементов для обеспечения надежности работы силовых ключей. Основные расчетные уравнения. Температурная зависимость параметров полупроводниковых приборов.

**Тема 3. Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах.**

Рассмотреть работу транзисторной эквивалентной схемы тиристора и определить его невыключение после снятия управляющего импульсов тока.

**Тема 4. Пассивные компоненты силовых электронных приборов.**

Принципы конструкций плоских высокочастотных трансформаторов. Методы уменьшения влияния паразитных характеристик пассивных элементов на частотные характеристики импульсных силовых электронных устройств.



**Тема 5. Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей.**

Рассмотрений различных конструкций модульных устройств и систем силовой электроники. Их сравнение и показатели оптимальности по энергетическим и экономическим характеристикам.

**Тема 6. Системы управления силовыми электронными аппаратами.**

Выполнить анализ функционирования нескольких систем управления силовыми электронными аппаратами.

**Тема 7. Микропроцессоры в силовых электронных аппаратах.**

Выяснение преимуществ применения микропроцессоров для реализации функций управления и стабилизации выходных параметров силовых электронных устройств. Принципы программирования микроконтроллеров.

**Тема 8. Статические коммутационные аппараты и регуляторы постоянного и переменного тока.**

Рассмотреть схемы импульсных стабилизаторов, импульсных преобразователей и тиристорных инверторов и в соответствии с известными уравнениями построить их нагрузочные характеристики.

**4. МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ**

Необходимым условием самостоятельной работы студентов выступает применение изученного материала при подготовке к выполнению лабораторных работ.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**Тема 2. Силовые диоды и транзисторы. Новые типы силовых диодов и транзисторов.**

**ЛР1.** 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.

**ЛР2.** Разработать схемы импульсных ключей на биполярном и МОП транзисторах. Определить статические и динамические режимы их работы. Сделать соответствующие выводы.

**Тема 3. Тиристоры, назначение и области применения. Принципы их применения в силовых инверторах.**

**ЛР1.** Разработать схему тиристорного ключа и сделать макет. Снять характеристики схемы и проверить их на соответствие с известными уравнениями.

**Тема 4. Пассивные компоненты силовых электронных приборов.**

**ЛР1.** Рассмотреть различные конструкции трансформаторов и дросселей и выполнить их критический анализ.

**ЛР2.** Измерить паразитные параметры резисторов, конденсаторов и индуктивностей. Определить методы снижения их негативного влияния на работу силовых устройств при высоких частотах преобразования.

**Тема 5. Модули силовых электронных ключей и выполняемые ими функции. Технология изготовления модулей.**

**ЛР1.** Рассмотреть схемы и конструкции различных силовых электронных ключей. Оценить оптимальность выбранной конструкции с точки зрения отвода тепла.

**ЛР2.** Разобрать принцип действия схем ключей и определить параметры управляющих сигналов.

**5. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Определение и назначение силового электронного ключа на диодах. Параметры такого ключа.
2. Определение и назначение силового электронного ключа на транзисторах. Параметры такого ключа.
3. Транзисторные ключи постоянного и переменного тока. Их схемотехническая реализация.
4. Статические и динамические параметры диодов и транзисторов.
5. Основные классы силовых транзисторов.
6. Быстродействие силовых транзисторов и диодов. Принципы повышения их быстродействия.
7. Обеспечение безопасной работы транзисторов различного типа.
8. Принцип действия тиристоров и его отличие от транзистора. Транзисторная эквивалентная схема тиристора.

9. Статические и динамические характеристики тиристора.
10. Основные типы тиристоров.
11. Защита тиристоров от импульсов тока и напряжения. Схемотехника устройств защиты.
12. Влияние частоты переменного напряжения на характеристики пассивных элементов устройств силовой электроники.
13. Тепловые режимы работы силовых электронных модулей и силовых элементов.
14. Моделирование импульсных регуляторов основных типов.
15. Работа импульсных стабилизаторов и импульсных преобразователей постоянного напряжения.
16. Работа импульсных стабилизаторов и импульсных преобразователей переменного напряжения.
17. Базовые аналоговые интегральные микросхемы.
18. Базовые логические интегральные микросхемы.
19. Принципы управления импульсными системами.
20. Усилители и преобразователи аналоговых сигналов.
21. Формирователи импульсов управления различными типами транзисторов и тиристоров.
22. Специфика управления биполярными и МОП транзисторами.
23. Регуляторы-стабилизаторы непрерывного действия.
24. Регуляторы для управления синхронными двигателями.
25. Работа трансформатора при однополярном воздействии тока и напряжения.
26. Тиристорные контакторы, области применения.
27. Аппаратура для пуска двигателей.

28. Обзор зарубежных силовых модулей, транзисторов и диодов. Сравнение их характеристик с отечественными.

29. Распределители импульсов для тиристорных инверторов.

## **6. ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ДИСЦИПЛИНЫ (ГЛОССАРИЙ)**

*Источник электропитания* – силовое электронное устройство, предназначенное для обеспечения нагрузки постоянными или переменными напряжениями с выполнением определенных требований по качеству выходных параметров.

*Источник вторичного электропитания* – источник электропитания, который преобразует электроэнергию первичного источника в напряжение питания электронной аппаратуры.

*Конвертор* – преобразователь электрической энергии, выходным параметром которого служит постоянное напряжение.

*Инвертор* – преобразователь электрической энергии, выходным параметром которого служит переменное напряжение.

*Стабилизатор напряжения* – источник питания, выходное напряжение которого остается относительно неизменным при воздействии входных и выходных дестабилизирующих факторов.

*Регулятор напряжения* – источник питания, выходное напряжение (или ток) изменяется по определенному закону, который задается схемой управления.

*Линейный стабилизатор напряжения* – стабилизатор напряжения, регулируемый орган которого (например, транзистор) функционирует в линейном режиме работы.

*Импульсный стабилизатор напряжения* – стабилизатор напряжения, регулируемый орган которого (например, транзистор) функционирует в импульсном режиме работы.

*Преобразователь напряжения* – источник питания импульсного типа, имеющий гальваническую развязку выходных напряжений от входного.

*Драйвер* – микросхема, осуществляющая управление силовым полупроводниковым прибором.

*Интеллектуальная силовая интегральная микросхема* – интегральная микросхема, в которой совмещены функции силового полупроводникового устройства, например, ключа, и схемы управления, а управляющим воздействием являются логические или другие маломощные сигналы.

*Коммутационные процессы переключения* – процессы, возникающие в элементах силовой электроники, обусловленные инерционными процессами переключения полупроводниковых приборов и наличием паразитных параметров конструктивных элементов устройств силовой электроники.

*Транзистор* – полупроводниковый прибор с функциями полного управления.

*Тиристор* – полупроводниковый прибор с функцией неполного управления.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Сукер, Кит. Силовая электроника. Руководство разработчика : Пер. с англ. / К. Сукер ; пер. : А. Н. Рабодзея. - М. : Додэка-XXI, 2007. - 251 с. (16 экз. в библиот. ТУСУР).
2. Рама Редди, С. Основы силовой электроники : Практическое пособие / С. Рама Редди ; пер. В. В. Масалов, ред. пер. Д. П. Приходько. - М. : Техносфера, 2006. – 286 с. (40 экз. в библиот. ТУСУР).

### **Дополнительная литература**

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

### **Учебно-методические пособия и программное обеспечение**

#### **Для обеспечения дисциплины используются следующие УМП:**

1. Бородин М. В. Выпрямители: Методические указания к лабораторным работам / Бородин М. В., Саликаев Ю. Р. – 2012. – 14 с. [Электронный ресурс] URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2590> (дата обращения 22.05.2014)
2. Кузубных Н. И. Исследование тепловых процессов в трансформаторах питания: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Кузубных Н. И. – 2011. – 30 с. [Электронный ресурс] URL: <http://edu.tusur.ru/training/publications/342> (дата обращения 22.05.2014)

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Poleviki.ru База данных электронных компонентов [Электронный ресурс] URL: <http://poleviki.ru/> (дата обращения 22.05.2014)