

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы магистратуры  
по направлению подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Силовая электронная техника**

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электрический транспорт

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 5214  
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег  
Евгеньевич  
Дата: 16.05.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины «Силовая электронная техника» является:

- формирование у студентов основ профессиональных знаний в области силовой и информационной электроники, необходимых для магистров, занимающихся созданием, эксплуатацией и ремонтом ЭПС.

Задачей освоения учебной дисциплины «Силовая электронная техника» является:

- формирование логической связи между естественно-научными и специальными дисциплинами.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-3** - Способен осуществлять испытания, техническое обслуживание и ремонт основных элементов и устройств электроподвижного состава;

**ПК-4** - Способен проводить экспертизу и разрабатывать проекты узлов и устройств, технологических процессов эксплуатации, технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

основы силовой и информационной электроники, принципы работы электронных приборов и современных полупроводниковых устройств: усилителей, генераторов, вторичных источников питания, цифровых преобразователей.

### **Уметь:**

читать электронные схемы, грамотно применять в своей работе электронные устройства и приборы, первичные преобразователи управляющие, микропроцессоры и микроконтроллеры.

### **Владеть:**

Владеть.-. методами расчета электронных схем на основе решения практических задач, навыками проектирования в области силовой электроники рельсового транспорта; навыками модернизации устаревших агрегатов

### 3. Объем дисциплины (модуля).

#### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 96 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

### 4. Содержание дисциплины (модуля).

#### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Основные сведения о полупроводниках, Основные свойства чистых и примесных полупроводников. Электропроводность чистых и примесных полупроводников. Дрейфовый и диффузионный токи в полупроводнике. Подвижность носителей и ее зависимость от температуры, концентрации примесей, напряженности электрического поля. Зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры. Механизм рекомбинации и время жизни носителей. Закон убывания концентрации носителей за счет

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	рекомбинации.
2	<p>Полупроводниковый р-п переход, прямое и обратное смещение перехода.</p> <p>Явления, возникающие в контакте металл - полупроводник и полупроводник - полупроводник разных типов проводимости. Зонная диаграмма р-п перехода. Анализ р-п перехода в равновесном и неравновесном состояниях. Вывод уравнения вольтамперной характеристики (ВАХ) р-п перехода. Отличия ВАХ реального диода от ВАХ р-п перехода. Виды пробоя р-п перехода. Температурные зависимости ВАХ р-п перехода.</p>
3	<p>Полупроводниковые диоды, классификация, свойства, характеристики.</p> <p>Вольтамперная характеристика диода. Эквивалентные схемы диода при прямом и обратном смещениях. Анализ переходных процессов в диоде. Разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шотки, туннельные диоды, лавинные диоды). Основные конструкции и технологические приемы изготовления диодов. Процессы включения и выключения диода. Мощность потерь в диодах. Взаимосвязь основных параметров силовых диодов</p>
4	<p>Транзисторы, свойства и характеристики транзисторов, схемы включения.</p> <p>Устройство биполярного транзистора и основные соотношения между токами его электродов. Анализ процессов в транзисторе (характер движения носителей, влияние электрического поля на это движение, распределение концентрации неосновных носителей, анализ коэффициента передачи тока эмиттера от режима). Уравнения Эберса-Молла идеализированного транзистора. Характеристики транзистора при включении по схеме с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Параметры и эквивалентные схемы транзистора как четырехполюсника.</p>
5	<p>Униполярные транзисторы, свойства, характеристики и схемы включения.</p> <p>Устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом. МОП-транзисторы, выполненные на основе "металл-оксид-полупроводник".</p> <p>Характеристики транзистора при включении по схеме с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Параметры и эквивалентные схемы транзистора как четырехполюсника.</p>
6	<p>Транзисторные усилители, классификация, характеристики, расчет параметров.</p> <p>Принцип работы транзисторного усилителя. Статический режим работы усилительного каскада. Выбор рабочей точки, расчет каскада по постоянному току. Усилители с емкостной связью. Обратная связь в усилителях. Температурная стабилизация в транзисторном усилителе. Усилители постоянного тока. Эмиттерные повторители. Каскад с эмиттерной связью (дифференциальный усилитель).</p>
7	<p>Транзисторные ключи. IGBT транзисторы, свойства и характеристики</p> <p>Статические характеристики транзисторных ключей (режим отсечки, режим насыщения). Динамические режимы работы транзисторного ключа. Импульсные схемы на транзисторах: генераторы, усилители импульсов, мультивибраторы, триггеры. Процессы включения и выключения силового ключа. Цепи формирования траектории рабочей точки транзисторного ключа. Расчет параметров снабберных цепей. Устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы IGBT-транзисторов. Статические и динамические характеристики транзисторов. Силовые модули на IGBT-транзисторах.</p>
8	<p>Тиристоры, классификация, свойства, конструкция и характеристики.</p> <p>Физические процессы в 4х-слойной структуре. Вольтамперная характеристика тиристора. Переходные процессы включения и выключения одно операционных тиристоров малой и большой мощности. Классификационные параметры тиристоров. Запираемые по управляющему электроду тиристоры (GTO-тиристоры, IGCT-тиристоры).</p>
9	<p>Интегральные микросхемы: аналоговые ИМС, операционные усилители.</p> <p>Принцип создания и основные элементы ИМС. Аналоговые ИМС. Дифференциальные и операционные (ОУ) усилители. Свойства идеального операционного усилителя. Реальный операционный усилитель, корректирующие цепи и их назначение. Основные схемы включения операционного усилителя. Использование операционного усилителя для реализации математических функций: суммирования, интегрирования, дифференцирования и др.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
10	<p><b>Интегральные микросхемы: цифровые ИМС, микропроцессоры.</b></p> <p>Основы теории цифровых систем. Логические переменные и основные законы алгебры логики. Логические функции двух аргументов. Способы описания логических функций. Составление и минимизация логических уравнений.</p> <p>Построение комбинационных логических схем на типовых элементах. Типовые комбинационные преобразователи логических сигналов: дешифраторы, сумматоры, мультиплексоры. Комбинационные логические устройства.</p> <p>Логические устройства с памятью. Триггеры и триггерные устройства. Триггеры RS, JK, D, T - типов. Типовые устройства с памятью: счетчики, регистры.</p> <p>Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Способы аналого-цифрового преобразования (АЦП). Структурные схемы ЦАП и АЦП.</p> <p>Большие ИМС. Микропроцессорные наборы. Принципы создания и организации работы микропроцессорных систем.</p>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p><b>Исследование полупроводниковых диодов и устройств на их основе.</b></p> <p>Изучить свойства и характеристики полупроводниковых приборов, особенности группового соединения и переходные процессы при выключении диодов. Изучить характеристики полупроводниковых стабилитронов. Научиться определять параметры вольтамперной характеристики диодов, показатели неравномерности нагрузки диодов при групповом соединении. Научиться определять допустимые нагрузки диодов при отличных от паспортных режимах работы. Научиться рассчитывать простейшие стабилизаторы напряжения.</p>
2	<p><b>Исследование характеристик биполярного транзистора.</b></p> <p>Изучить статические характеристики транзистора при схемах включения с общим эмиттером, общей базой. Определить основные параметры транзисторов.</p>
3	<p><b>Исследование характеристик полевого транзистора.</b></p> <p>Получение передаточной характеристики полевого транзистора в схеме с общим Истоком;</p> <p>Получение зависимости сопротивления канала полевого транзистора от напряжения затвор –исток;</p> <p>Получение семейства выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком;</p> <p>Исследование работы транзисторного каскада общим итотком.</p>
4	<p><b>Исследование тиристора и управляемого выпрямителя.</b></p> <p>Изучить принцип действия, параметры и характеристики тиристоров. Научиться применять тиристоры в качестве ключевых элементов, приобрести навыки практического измерения их параметров. Исследовать работу регулируемого однополупериодного выпрямителя.</p>
5	<p><b>Исследование характеристик операционного усилителя.</b></p> <p>Изучить характеристики операционного усилителя и основные схемы его включения. Освоить практические приемы построений на базе операционных усилителей сумматоров, компараторов, генераторов, цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей.</p>
6	<p><b>Исследование характеристик аналоговых компараторов напряжения.</b></p> <p>Ознакомится с характеристиками аналоговых компараторов напряжения;</p> <p>Исследование работы однопорогового компаратора;</p> <p>Исследование работы гистерезисного компаратора.</p>
7	<p><b>Исследование характеристик цифровых интегральных микросхем.</b></p> <p>Изучить принципы действия цифровых ИМС освоить приемы синтеза простейших комбинационные узлов из типового набора цифровых ИМС. Изучить использование типовых логических элементов для</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	построения различных генераторов импульсов.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Выполнение курсового проекта.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

##### Управляемый выпрямитель

В процессе выполнения курсового проекта должна быть рассчитана силовая часть управляемого выпрямителя и разработана его система управления

##### Варианты заданий

№ вар. № схемы  $U_c$ , В  $U_{d0}$ , В  $I_{d0}$ , А  $T_c$ , оС

1 1 127 220 32 25

2 2 127 220 32 25

3 3 220 440 75 25

4 4 220 440 75 25

5 1 220 440 50 40

6 2 220 440 50 40

7 3 380 440 100 40

8 4 380 440 100 40

9 1 220 110 16 25

10 2 220 110 16 25

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Электронная техника и преобразователи А.Т. Бурков Однотомное издание Транспорт , 1999	Библиотека МКТ (Люблино); НТБ (уч.2); НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2); НТБ (чз.4)
2	Преобразовательные устройства электропоездов с асинхронными тяговыми двигателями А.М. Солодунов, Ю.М. Иньков, Г.Н. Коваливкер, В.В. Литовченко; Под общ. ред. А.М. Солодунова; Производственное объединение "Рижский электромашиностроительный завод" Однотомное издание "Зинатне" , 1991	НТБ (фб.)
3	Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплинам "Электронная и преобразовательная техника" и "Электронная техника и преобразователи ЭПС" для студ. спец. "Электроподвижной состав и его автоматизация" и "Электровозостроение" Сост.: В.М. Антюхин, В.В. Литовченко, А.М. Семенов; Под ред. Ю.М. Инькова; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 1989	НТБ (уч.3); НТБ (фб.)
4	Исследование узлов системы управления преобразователем Сост.: В.В. Литовченко, А.А. Ефремов; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 1990	НТБ (уч.3)
1	Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине "Электронная техника и преобразователи" В.В. Литовченко, В.А. Шаров; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга", Каф. "Электрические машины" Однотомное издание МИИТ , 1995	НТБ (уч.2); НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

<http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ

<http://rzd.ru/> - сайт ОАО «РЖД».

<http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека

Поисковые системы: Yandex, Google, Mail

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Система автоматизированного проектирования Autocad  
Система автоматизированного проектирования «Компас»;  
Специализированная программа Mathcad

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения лекционных занятий специальное оборудование не требуется. Для проведения лабораторных работ необходимо располагать комплектом оборудования, предназначенного для проведения исследований в соответствии с тематикой лабораторной работы (учебные стенды, контрольно-измерительные приборы, персональные компьютеры)9

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет во 2 семестре.

Курсовой проект во 2 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).



Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Электропоезда и локомотивы»

В.В. Литовченко

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭиЛ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

О.Е. Пудовиков

С.В. Володин