

**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)**

**Специальные разделы электроники**

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: 04.06.2025

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

Целью освоения учебной дисциплины «Специальные разделы электроники» является:

- формирование у студентов основ профессиональных знаний в области силовой и информационной электроники, необходимых для специалистов (магистров электромехаников), занимающихся созданием, эксплуатацией и ремонтом электрического транспорта.

Задачей освоения учебной дисциплины «Специальные разделы электроники» 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 преобразования параметров электрической энергии полупроводниковыми устройствами, принципы работы основных полупроводниковых преобразователей и систем их управления для целей электрического транспорта с тяговыми двигателями различного типа

### **Уметь:**

применять устройства преобразования электрической энергии на подвижном составе железных дорог, включая методы и средства их диагностирования, технического обслуживания и ремонта

### **Владеть:**

методами анализа электромагнитных процессов в статических преобразователях тяговых электроприводов, методами расчета и проектирования преобразовательных устройств подвижного состава, а также методами их технического обслуживания и ремонта

### 3. Объем дисциплины (модуля).

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

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 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 №3 |
| 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 132 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     | Управляемый выпрямители. Мостовой выпрямитель.<br>Классификация полупроводниковых преобразователей параметров электрической энергии.<br>Преобразователи параметров напряжения, тока, частоты.<br>Выпрямители, инверторы, импульсные прерыватели, непосредственные преобразователи частоты, |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>циклоконвертеры. Обратимость полупроводниковых преобразователей. Нулевой, мостовой выпрямители. Основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения, средние значения токов полупроводниковых приборов, напряжение на полупроводниковых приборах, мощность трансформатора. Регулирование напряжения на выходе выпрямителя. Основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения, средние значения токов полупроводниковых приборов, напряжение на полупроводниковых приборах, мощность трансформатора. Регулировочная характеристика. Действующее значение тока трансформатора. Коэффициент мощности выпрямителя. Влияние алгоритма управления тиристорами выпрямителя на регулировочную характеристику, действующее значение тока трансформатора и коэффициент мощности выпрямителя.</p> <p>Процессы коммутации в выпрямителях. Уравнение коммутации. Зависимость угла коммутации от угла регулирования. Внешняя характеристика выпрямителя. Влияние активных сопротивлений на внешнюю характеристику выпрямителя. Энергетические показатели выпрямителей. Влияние углов регулирования и коммутации на коэффициент мощности выпрямителя.</p> |
| 2        | <p><b>Применение ВИП на ЭПС.</b></p> <p>Зонно-фазовое регулирование напряжения. Двухзонные выпрямители. Основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения на первой и второй зонах регулирования. Влияние углов регулирования и коммутации на коэффициент мощности выпрямителя. Коэффициент мощности выпрямителя на первой и второй зонах регулирования. Выпрямители с принудительной коммутацией полупроводниковых приборов. Влияние углов включения и выключения на регулировочную характеристику выпрямителя. Влияние углов включения и выключения на коэффициент мощности выпрямителя. Ведомые сетью инверторы. Условия обеспечения процесса инвертирования. Процессы коммутации в ведомых сетью инверторах. Углы регулирования, опережения, коммутации и запаса. Внешняя характеристика ведомого сетью инвертора при различных законах регулирования: а) постоянство угла регулирования и б) постоянство угла запаса. Устойчивость процесса коммутации на электровозах переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями на примере электровоза 2ЭС5К.</p>                                                                                       |
| 3        | <p><b>Импульсные прерыватели постоянного напряжения.</b></p> <p>Схема, принцип работы, способы регулирования напряжения. Внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного напряжения с учетом сопротивления источника питания.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4        | <p><b>Импульсные прерыватели постоянного тока</b></p> <p>Схема, принцип работы, способы регулирования напряжения. Внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного тока с учетом сопротивления источника питания.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5        | <p><b>Автономные инверторы. Автономный инвертор тока.</b></p> <p>Принцип работы однофазного автономного инвертора тока, основные соотношения. Особенности полупроводниковых ключей инверторов тока. Параллельный инвертор тока. Принцип работы, основные соотношения. Однофазный автономный инвертор тока с отсекающими диодами, принцип работы, основные соотношения.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6        | <p><b>Трехфазный АИТ с отсекающими диодами на ЭПС.</b></p> <p>Принцип работы принцип работы. Использование инвертора для питания асинхронных двигателей, основные соотношения. Электромагнитные процессы коммутации в трехфазном автономном инверторе тока с отсекающими диодами.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7        | <p><b>Автономный инвертор напряжения АИН</b></p> <p>Принцип работы однофазного мостового инвертора напряжения, основные соотношения. Особенности полупроводниковых ключей инверторов напряжения. Принцип работы однофазного полумостового инвертора напряжения, основные соотношения.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8        | <p><b>Трехфазный АИН. Применение АИН в тяговых приводах.</b></p> <p>Принцип работы, основные соотношения. Регулирование напряжения в автономных инверторах.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | Широтно-импульсная модуляция в однофазном инверторе напряжения. Принцип работы и основные соотношения. Использование инверторов напряжения для частотного регулирования асинхронных тяговых двигателей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9        | Системы управления полупроводниковыми преобразователями<br>Системы управления полупроводниковыми преобразователями. Требования к системе управления выпрямителем. Функциональная схема системы управления выпрямителем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 10       | Узлы и блоки управления полупроводниковыми преобразователями<br>Требования к узлу синхронизации системы управления выпрямителем с сетью и сложность его работы. Использование разложения кривой питающего напряжения в ряд Фурье для обеспечения помехоустойчивости синхронизатора с сетью. Функциональная схема узла фазового управления выпрямителем.<br>Принципиальная схема узла фазового управления выпрямителем при аналоговом способе обработки информации. Аналоговый генератор пилообразного напряжения. Выбор параметров интегратора. Аналоговый компаратор узла фазового управления выпрямителем.<br>Принципиальная схема узла фазового управления выпрямителем при цифровом способе обработки информации. Цифровой генератор пилообразного напряжения. Выбор параметров генератора тактовых импульсов. Цифровой компаратор узла фазового управления выпрямителем.<br>Использование сумматора для сравнения двух двоичных кодов.<br>Узел распределения импульсов управления тиристорами выпрямителя. Синтез узла распределения импульсов на логических элементах. Узел формирования импульсов управления тиристорами.<br>Схема узла формирования импульсов управления тиристорами и ее работа. |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Исследование широтно-импульсного прерывателя постоянного напряжения<br>Изучить принципы построения и работы импульсного прерывателя постоянного напряжения<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики широтно-импульсного прерывателя постоянного напряжения при активно-индуктивной нагрузке, шунтированной диодом. |
| 2        | Исследование широтно-импульсного прерывателя постоянного тока<br>Изучить принципы построения и работы импульсного прерывателя постоянного тока.<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики широтно-импульсного прерывателя постоянного тока.                                                                         |
| 3        | Исследование однофазного параллельного автономного инвертора тока<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики параллельного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.                                                                                                                               |
| 4        | Исследование однофазного последовательно-параллельного автономного инвертора тока<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательно-параллельного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.                                                                                               |
| 5        | Исследование однофазного последовательного резонансного автономного инвертора тока<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательного резонансного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.                                                                                             |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6        | Исследование последовательно-параллельного резонансного автономного инвертора тока<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательно-параллельного резонансного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.                                |
| 7        | Исследование однофазного автономного инвертора напряжения<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики автономного инвертора напряжения при работе на активно - индуктивную нагрузку.                                                                                 |
| 8        | Исследование автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией при работе на активно - индуктивную нагрузку.                         |
| 9        | Исследование системы управления инвертора напряжения<br>Изучить электромагнитные процессы, в системе управления автономным инвертором напряжения при работе на активно - индуктивную нагрузку.                                                                                                                         |
| 10       | Исследование трехфазного автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией<br>Изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики трехфазного автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией при работе на активно - индуктивную нагрузку. |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы             |
|----------|----------------------------------------|
| 1        | Подготовка к лабораторным работам      |
| 2        | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 3        | Подготовка к текущему контролю.        |

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

| №<br>п/п | Библиографическое описание                                                                                                                                                                      | Место доступа                                                                                               |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Электронная техника и преобразователи А.Т. Бурков<br>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 | НТБ (фб.)                                                                                                   |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                       |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|   | объединение "Рижский электромашиностроительный завод" Однотомное издание "Зинатне" , 1991                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                       |
| 3 | Исследование узлов системы управления преобразователем Сост.: В.В. Литовченко, А.А. Ефремов; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 1990                                                                                                                                                                                                                                         | НТБ (уч.3)            |
| 4 | 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.) |

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)

Для проведения лабораторных занятий необходимо иметь:- натурные образцы полупроводниковых диодов, транзисторов и тиристоров, - оборудование фирмы National Instruments для управления стендами испытаний силовых полупроводниковых проборов,- настольная станция «Элвис» с набором сменяемых плат.

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 3 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 ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин