

**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 - программа бакалавриата  
по направлению подготовки  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,  
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО  
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Силовая электроника**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Интеллектуальные электротехнические  
транспортные системы

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 ФГАОУ ВО РУТ  
(МИИТ)

ID подписи: 3221

Подписал: заведующий кафедрой Шевлюгин Максим  
Валерьевич

Дата: 01.09.2026

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

Целью преподавания дисциплины является освоение студентами полупроводниковых и электронных приборов, инженерных методов их использования в электронных преобразователях и аппаратах, формирование у студентов основ научного решения преобразования электрической энергии для обеспечения эффективной работы тяговой системы электрифицированного транспорта, автоматизированного электропривода и устройств электропитания других потребителей.

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

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

**ПК-4** - Способен применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического и программного обеспечения интеллектуальных систем управления электротехническими комплексами;

**ПК-5** - Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для выявления, формализации и решения задач интеллектуальных систем управления электротехническими комплексами?.

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

### **Знать:**

физические основы полупроводниковых и других электронных приборов и схем, принцип их действия, предельные параметры и условия применения в электронных преобразователях с учетом эксплуатационных факторов; основы теории преобразования электрического тока, способы преобразования электрической энергии на тяговых подстанциях и электроподвижном составе, схемы преобразователей, принципы их работы, методы анализа и расчета устройств в нормальных и аварийных режимах/

### **Уметь:**

выбирать электронные приборы по заданным условиям эксплуатации, производить расчеты электрических схем для обеспечения допустимых режимов работы электронных приборов с заданными предельными и характеризующими параметрами;

### **Владеть:**

основными направлениями развития электронных преобразователей и аппаратов, их применений в перспективных системах электрической тяги и в смежных областях техники.

### 3. Объем дисциплины (модуля).

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

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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 №5 |
| 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 60 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.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p><b>Выпрямители однофазного тока</b></p> <p>1. Преобразователи электрической энергии и их классификация. Допущения, принимаемые при анализе электромагнитных процессов в цепях преобразователей, их основные параметры и энергетические характеристики. Инженерные задачи и методы расчета выпрямителей.</p> <p>Выпрямители, их структурные схемы и классификация.</p> <p>Применение выпрямителей в электрической тяге.</p> <p>Коммутация в выпрямителях. Влияние анодной индуктивности на коммутацию.</p> <p>Нулевые и мостовые схемы выпрямления однофазного тока, основные расчетные соотношения между токами и напряжениями.</p> <p>Работа выпрямителей на активную, активно-индуктивную и индуктивную нагрузки, работа на нагрузку с противо-э.д.с.</p> <p>Внешняя характеристика неуправляемого выпрямителя.</p> <p>Управляемые выпрямители однофазного тока.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2        | <p><b>Выпрямители трехфазного тока</b></p> <p>Нулевые и мостовые схемы выпрямления трехфазного тока, основные расчетные соотношения между токами и напряжениями. Неуправляемые и управляемые выпрямители. Способы регулирования выпрямленного напряжения. Управляемые выпрямители. Полная внешняя характеристика управляемого выпрямителя.</p> <p>Двенадцатипульсовые выпрямители, основные расчетные соотношения между токами и напряжениями.</p> <p>Двадцатичетырехпульсовые выпрямители, основные расчетные соотношения между токами и напряжениями. Сравнительный анализ энергетических показателей выпрямителей тяговых подстанций. Коэффициент мощности выпрямителей, коэффициент полезного действия, внешняя характеристика выпрямителей.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3        | <p><b>Качество выпрямленного напряжения Аварийные режимы и защита выпрямителей</b></p> <p>Высшие гармонические составляющие в кривых выпрямленного напряжения и тока питающей сети. Качество выпрямленного напряжения. Роль сглаживающего реактора и основные расчетные соотношения. Коэффициент искажения напряжения и тока питающей сети.</p> <p>Аварийные режимы выпрямителей. Расчеты токов в элементах выпрямителя при коротких замыканиях. Коммутационные перенапряжения. Защита выпрямителей.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4        | <p><b>Инверторы, ведомые сетью. Автономные инверторы.</b></p> <p>Назначение инверторов. Принцип работы ведомого сетью инвертора. Применение инвертирования тока при рекуперативном торможении электрического подвижного состава. Схемы однофазных и трехфазных инверторов, ведомых сетью. Естественная (сетевая) коммутация инверторов. Угол управления, угол коммутации, послекоммутационный угол. Внешняя характеристика ведомого сетью инвертора. Аварийные процессы в инверторах. Способы защиты. Инверторы, ведомые сетью, для тяговых подстанций. Назначение и классификация автономных инверторов. Инверторы напряжения и тока, резонансные инверторы. Автономные инверторы напряжения (АИН). Принцип действия, анализ работы на различные виды нагрузок, основные расчетные соотношения, импульсное регулирование напряжения, алгоритмы управления АИН. Автономные инверторы тока (АИТ). Принцип работы АИТ, анализ процессов в его цепях и формы кривых тока и напряжения. Основные расчетные соотношения АИТ.</p> <p>Энергетические показатели и внешние характеристики автономных инверторов. Опрокидывания автономных инверторов и защиты АИН и АИТ. Применение автономных инверторов в регулируемом электроприводе с асинхронными и синхронными двигателями трехфазного тока.</p> |
| 5        | <p><b>Импульсные преобразователи постоянного тока. Преобразователи переменного тока</b></p> <p>Назначение и классификация импульсных преобразователей. Принцип импульсного регулирования напряжения в цепях постоянного тока. Способы модуляции. Схемы импульсных преобразователей. Преобразователи с широтным и частотным регулированием напряжения. Анализ процессов в схеме импульсного преобразователя. Основные расчетные соотношения. Схемы импульсных</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>преобразователей с понижением и повышением выходного напряжения и применение их на электроподвижном составе. Влияние импульсных преобразователей на работу сетей тягового электроснабжения и цепи автоблокировки.</p> <p>Виды преобразователей переменного-переменного тока. Преобразователи с естественной и искусственной коммутацией. Схемы однофазно-трехфазных, трехфазно-однофазных и трехфазно-трехфазных преобразователей. Электромагнитные процессы при коммутации. Основные расчетные соотношения. Преобразователи с принудительной коммутацией. Особенности узлов принудительной коммутации. Анализ электромагнитных процессов. Характеристики и параметры преобразователей. Сравнение схем. Области применения преобразователей в устройствах электрической тяги.</p> |
| 6        | <p><b>Системы управления и защиты электронных преобразователей.</b></p> <p>Назначение системы управления. Гарантированное управление тиристорами и силовыми транзисторами. Структурные и функциональные схемы систем управления. Основные узлы системы управления. Системы защиты электронных преобразователей от перенапряжений, токов коротких замыканий и при пробое полупроводниковых приборов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 7        | <p><b>Испытания и проверки тяговых преобразователей в условиях эксплуатации</b></p> <p>Контроль состояния полупроводниковых приборов. Проверка распределений токов и напряжений в групповых соединениях приборов. Проверка изоляции и типовых защит от перенапряжений. Диагностика преобразователей. Испытания в режимах холостого хода и короткого замыкания. Испытания в рабочем режиме. Определение характеристик по данным испытаний. Экономические показатели и меры электробезопасности.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p><b>Расчет двухпульсовой нулевой схемы выпрямления</b></p> <p>Схема исследования однофазной (двухпульсовой) нулевой схемы выпрямления. Изучение схемы лабораторной установки, назначение и параметры ее узлов, электропитание лабораторного стенда.</p>                                                                                                                                                                                    |
| 2        | <p><b>Расчет двухпульсовой мостовой схемы выпрямления.</b></p> <p>Исследование работы двухпульсовой мостовой схемы выпрямления и экспериментальная проверка основных соотношений между токами и напряжениями в элементах схемы.</p>                                                                                                                                                                                                          |
| 3        | <p><b>Расчет шестипульсовой схемы выпрямления: звезда – две обратные звезды с уравнительным реактором.</b></p> <p>Изучение теории работы шестипульсовых схем "звезда-шестифазная звезда" и "звезда-две взаимнообратных звезды" с уравнительным реактором, экспериментальная проверка основных соотношений между токами и напряжениями, изучение внешних характеристик, а также снятие осциллограмм токов и напряжений в элементах схемы.</p> |
| 4        | <p><b>Расчет шестипульсовой мостовой схемы выпрямления.</b></p> <p>Построение схем дистанционной защиты фидеров тяговой сети переменного тока по заданным характеристикам чувствительности и характеристикам реле сопротивления. Выбор уставок для дистанционной защиты. Построение характеристик срабатывания реле ступеней дистанционной защиты.</p>                                                                                       |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5        | Расчет управляемого трехфазного мостового выпрямителя.<br>Схема трехфазного мостового выпрямителя. Выпрямитель, выполненный по трехфазной мостовой схеме. Расчет коэффициента пульсаций при использовании емкостного фильтра.                                                       |
| 6        | Расчет двенадцатипульсовой схемы выпрямления.<br>Двенадцатипульсовые схемы выпрямления построенные по эквивалентным схемам выпрямления основой которых выступают два и более шестипульсовых выпрямителей по схеме Ларионова, соединенных по выходу последовательно или параллельно. |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы                                |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| 1        | выполнение курсовой работы                                |
| 2        | подготовка к практическим занятиям                        |
| 3        | работа с лекционным материалом и литературой              |
| 4        | подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации |
| 5        | Подготовка к промежуточной аттестации.                    |
| 6        | Подготовка к текущему контролю.                           |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Тип преобразовательного агрегата

определяется заданием на комплексный курсовой проект.

Объем курсовой работы определяется часами самостоятельной и аудиторной

работы в соответствии с учебным планом. В курсовой работе должны быть

отражены: обоснование схемы преобразователя, расчет токов короткого замыкания, расчет группового соединения силовых полупроводниковых приборов, выбор цепей защиты, схемы управления, определение рабочих характеристик и энергетических показателей преобразователя, рекомендации по обслуживанию.

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки, отражающей основное содержание, и двух чертежей формата А4,

на которых вычерчивается принципиальная схема силовых цепей, цепей управления и защиты, временные диаграммы и характеристики, поясняющие работу преобразователя.

?

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

| № п/п | Библиографическое описание                                                                                                                         | Место доступа                                                          |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Электроника и преобразовательная техника. Том 1: Электроника [Электронный ресурс] Бурков, А.Т. Москва : УМЦ ЖДТ, , 2015                            | <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>              |
| 2     | Электроника и преобразовательная техника. Том 2: Электронная преобразовательная техника [Электронный ресурс] Бурков, А.Т. Москва : УМЦ ЖДТ, , 2015 | ЭБС Лань,<br><a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> |
| 1     | Энергосбережение на железнодорожном транспорте. Учебник для вузов. Гапанович В.А. Книга - М. : Изд. Дом МИСиС , 2012                               | Фундаментальная библиотека (ауд. 1230)                                 |
| 2     | Электромагнитная совместимость. Учебник для вузов. Бадёр М.П. Книга Москва : УМЦ ЖДТ, , 2012                                                       | Учебная библиотека №3 (ауд. 4519)                                      |
| 3     | Двенадцатипульсовые полупроводниковые выпрямители тяговых подстанций. Шалимов М. Г Транспорт , 1990                                                | Учебная библиотека №3 (ауд. 4519)                                      |
| 4     | Электронная и преобразовательная техника. Бурков А. Т. Транспорт , 1999                                                                            | Учебная библиотека №3 (ауд. 4519)                                      |
| 5     | Электронная техника и преобразователи Бурков, Анатолий Трофимович. М. : Транспорт , 1999                                                           | Учебная библиотека №3 (ауд. 4519)                                      |

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

<http://scbist.com> - СЦБИСТ Железнодорожный информационный портал: Фотоматериалы, новая техника, информационные материалы, вопросы и ответы. Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>) Российская Государственная Библиотека <http://www.rsl.ru>

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

Microsoft Office

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

Меловая (маркерная) доска или проектор

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

профессор, профессор, д.н. кафедры  
«Электроэнергетика транспорта»

М.П. Бадёр

Согласовано:

Заведующий кафедрой ИУиИБ

Л.А. Баранов

Заведующий кафедрой ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова