

**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 специалитета  
по специальности  
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Электронная техника и преобразователи в электроснабжении**

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Электроснабжение железных дорог

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: 3221  
Подписал: заведующий кафедрой Шевлюгин Максим Валерьевич  
Дата: 01.06.2024

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

Целью освоения дисциплины (модуля) “Электронная техника и преобразователи в электроснабжении” является:

- сформировать у студентов представления о преобразователях в электроснабжении, методах их сооружения и эксплуатационного обслуживания;

- изучить студентами научные основы физики полупроводниковых и других электронных приборов;

- освоить студентами инженерные методы проектирования и обслуживания выпрямительных, инверторных и других в электронных преобразовательных аппаратов;

- формировать у студентов основы научного решения проблемы преобразования электрической энергии для обеспечения эффективной работы тяговой системы электрифицированного транспорта, автоматизированного электропривода и устройств электропитания других потребителей.

Задачей освоения дисциплины (модуля) “Электронная техника и преобразователи в электроснабжении” является:

- сформировать у студентов основы научного решения проблемы преобразования электрической энергии для обеспечения эффективной работы тяговой системы электрифицированного транспорта, автоматизированного электропривода и устройств электропитания других потребителей;

- приобрести способности организовывать и выполнять работы по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов системы электроснабжения железных дорог на основе знаний об особенностях функционирования её основных элементов и устройств;

- изучить студентами научные основы полупроводниковых и других электронных приборов, приобрести способности проводить разработку и экспертизу проектов систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов, их отдельных элементов и технологических процессов, в том числе, с использованием систем автоматизированного проектирования.

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

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

**ПК-1** - Способен организовывать и выполнять работы по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов системы электроснабжения железных дорог на основе знаний об

особенностях функционирования её основных элементов и устройств, а так же правил технического обслуживания и электробезопасности;

**ПК-3** - Способен проводить разработку и экспертизу проектов систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов, их отдельных элементов и технологических процессов, в том числе, с использованием систем автоматизированного проектирования?.

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.

**Знать:**

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:**

производить расчеты электрических схем для обеспечения допустимых режимов работы электронных приборов с заданными предельными и характеризующими параметрами

**Владеть:**

методикой проектирования выпрямителей и инверторов с учетом

эксплуатационно-технических требований

### 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 №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	48	48
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 100 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	Общие сведения. Рассматриваемые вопросы: - роль электронной и преобразовательной техники в электрификации железных дорог, строительстве

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	метрополитенов. - принцип действия силовых полупроводниковых приборов – диодов и тиристоров.
2	Обзор полупроводниковых приборов, используемых в преобразователях. Рассматриваемые вопросы: - конструкция, система условных обозначений, основные характеристики . - тепловой режим силовых полупроводниковых приборов. - типовые конструкции охладителей (радиаторов). - определение предельного тока силового полупроводникового прибора по условиям охлаждения.
3	Параллельное соединение полупроводниковых силовых диодов. Рассматриваемые вопросы: - индуктивные делители тока. - схемы включения индуктивных делителей тока.
4	Последовательное соединение полупроводниковых силовых диодов. Рассматриваемые вопросы: - выравнивание обратного напряжения. - схемы включения шунтирующих резисторов и выравнивающих конденсаторов
5	Выпрямители однофазного тока Рассматриваемые вопросы: - 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; - выпрямители, их структурные схемы и классификация. применение выпрямителей в электрической тяге; - коммутация в выпрямителях. влияние анодной индуктивности на коммутацию; - нулевые и мостовые схемы выпрямления однофазного тока, основные расчетные соотношения между токами и напряжениями; - работа выпрямителей на активную, активно-индуктивную и индуктивную нагрузки, работа на нагрузку с противо-э.д.с.; - внешняя характеристика неуправляемого выпрямителя; - управляемые выпрямители однофазного тока.
6	Трёхфазные выпрямители с общим проводом. Рассматриваемые вопросы: - трёхпульсовая схема. - основные расчетные формулы, временная диаграмма работы. - достоинства и недостатки схем с общим проводом.
7	Шестипульсовая мостовая схема. Рассматриваемые вопросы: - основные расчетные формулы, временная диаграмма работы. - достоинства и недостатки схемы.
8	Схема «Две обратные звезды с уравнительным реактором». Рассматриваемые вопросы: - основные расчетные формулы, временная диаграмма работы. - достоинства и недостатки схемы.
9	Двенадцатипульсовая мостовая схема трёхфазного выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - основные расчетные формулы, временная диаграмма работы. - достоинства и недостатки схемы.
10	двадцатичетырёхпульсовая схема трёхфазного выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - основные расчетные формулы, временная диаграмма работы.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- достоинства и недостатки схемы.
11	<p>Способы регулирования выпрямленного напряжения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- управляемые выпрямители.</li> <li>- коммутация вентильных токов в трехфазных выпрямителях</li> <li>- энергетические показатели выпрямителей.</li> </ul>
12	<p>Пульсации выпрямленного напряжения.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фильтры для подавления мешающего влияния выпрямительных агрегатов.</li> <li>- параллельная работа выпрямительных агрегатов с различным числом пульсаций.</li> </ul>
13	<p>Качество выпрямленного напряжения Аварийные режимы и защита выпрямителей</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высшие гармонические составляющие в кривых выпрямленного напряжения и сетевого тока;</li> <li>- качество выпрямленного напряжения, коэффициент полной волнистости;</li> <li>- роль сглаживающего реактора и основные расчетные соотношения;</li> <li>- коэффициент искажения сетевого тока и несинусоидальность напряжения питающей.</li> <li>- аварийные режимы выпрямителей, расчеты токов в элементах выпрямителя при коротких замыканиях;</li> <li>- коммутационные перенапряжения, защита выпрямителей.</li> </ul>
14	<p>Инверторы, ведомые сетью. Автономные инверторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- назначение инверторов., принцип работы ведомого сетью инвертора;</li> <li>- применение инвертирования тока при рекуперативном торможении электрического подвижного состава;</li> <li>- схемы однофазных и трехфазных инверторов, ведомых сетью;</li> <li>- естественная (сетевая) коммутация инверторов, угол управления, угол коммутации, внешняя характеристика ведомого сетью инвертора;</li> <li>- аварийные процессы в инверторах, опрокидывание инверторов, защиты от них;</li> <li>- особенности работы инверторов тяговых подстанций;</li> <li>- автономные инверторы напряжения, принцип действия, анализ работы на различные виды нагрузок, основные расчетные соотношения,;</li> <li>- автономные инверторы тока, принцип их работы, основные расчетные соотношения, энергетические характеристики автономных инверторов тока;</li> <li>- применение автономных инверторов в регулируемом электроприводе с асинхронными двигателями трехфазного тока.</li> </ul>
15	<p>Импульсные преобразователи постоянного тока. Преобразователи переменного тока</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- назначение и классификация импульсных преобразователей, принцип импульсного регулирования напряжения в цепях постоянного тока, способы модуляции;</li> <li>- схемы импульсных преобразователей с широтной и частотной модуляцией;</li> <li>- анализ процессов в схеме импульсного преобразователя, основные расчетные соотношения;</li> <li>- схемы импульсных преобразователей с понижением и повышением выходного напряжения и применение их на электроподвижном составе;</li> <li>- влияние импульсных преобразователей на работу сетей тягового электропитания;</li> <li>- виды преобразователей с естественной, искусственной и принудительной коммутацией, особенности узлов принудительной коммутации;</li> <li>- электромагнитные процессы при коммутации, основные расчетные соотношения;</li> <li>- сравнение схем импульсных преобразователей, их энергетические характеристики и параметры;</li> <li>- применения импульсных преобразователей в устройствах электрической тяги.</li> </ul>
16	Системы управления и защиты электронных преобразователей. Испытания и

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>проверки тяговых преобразователей в условиях эксплуатации</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- назначение системы управления. гарантированное управление тиристорами и силовыми транзисторами;</li> <li>- структурные и функциональные схемы систем управления, основные узлы системы управления;</li> <li>- системы защиты электронных полупроводниковых приборов преобразователя при их пробое, от перенапряжений и токов коротких замыканий;</li> <li>- контроль состояния полупроводниковых приборов, проверка распределений токов и напряжений в групповых соединениях приборов, проверка изоляции и типовых защит от перенапряжений;</li> <li>- диагностика преобразователей, испытания в режимах холостого хода и короткого замыкания и в рабочем режиме.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Расчет токов короткого замыкания в выпрямительно-инверторных преобразователях</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- переходные режимы короткого замыкания в выпрямительных преобразователях;</li> <li>- внешняя характеристика выпрямителя в рабочем режиме и в режиме короткого замыкания;</li> <li>- опрокидывание инверторов.</li> </ul>
2	<p>Гармонический анализ выпрямленного напряжения и сетевого тока выпрямительно-инверторных преобразователей</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ряды Фурье, прогнозирование гармонических составляющих;</li> <li>- графо-аналитический метод гармонического анализа;</li> <li>- гармонический анализ методом аппроксимации.</li> </ul>
3	<p>Расчет шестипульсовой схемы выпрямления: звезда – две обратные звезды с уравнительным реактором.</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент получает навык расчета основных параметров силовых схем и основных характеристик выпрямителя с шестипульсовой схемой выпрямления: звезда – две обратные звезды с уравнительным реактором.</p>
4	<p>Исследование основных энергетических характеристик зависимых инверторов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- коэффициент искажения сетевого тока зависимых инверторов;</li> <li>- коэффициент мощности зависимых инверторов;</li> <li>- качество выпрямленного и инвертируемого напряжения.</li> </ul>
5	<p>Исследование основных энергетических характеристик автономных инверторов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- автономные инверторы напряжения, принцип их работы, внешние характеристики, коэффициент мощности;</li> <li>- автономные инверторы тока, принцип работы, внешние характеристики, коэффициент мощности.</li> </ul>
6	<p>Исследование основных энергетических характеристик импульсных преобразователей постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тиристорно-импульсные преобразователи с частотной модуляцией;</li> <li>- тиристорно-импульсные преобразователи с широтной модуляцией;</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- преобразователи однофазного тока для питания асинхронных двигателей.
7	Исследование основных энергетических характеристик преобразователей частоты и числа фаз Рассматриваемые вопросы: - преобразователи частоты, их основные энергетические характеристики; - преобразователи числа фаз, их основные энергетические характеристики.
8	Диагностика преобразователей и их характеристик. Рассматриваемые вопросы: - проверка распределений токов и напряжений в групповых соединениях силовых полупроводниковых приборов; - нарушения нормальных режимов при эксплуатации полупроводниковых преобразователей; - аварийные режимы и защита от них; - схемы управления статическими преобразователями.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	подготовка к практическим занятиям
2	работа с лекционным материалом и литературой
3	Выполнение курсового проекта.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в Приложении 1 к рабочей программе. Варианты исходных условий определяются заданием к курсовому проекту (примеры заданий см. Приложение 1). Различия определяются в основном:

- типом преобразовательного агрегата:
- неуправляемый выпрямитель;
- управляемый выпрямитель;
- выпрямительно-инверторный преобразователь;
- схемой выпрямления:
- шестипульсовая нулевая;
- шестипульсовая мостовая;
- двенадцатипульсовая последовательного типа;
- двенадцатипульсовая параллельного типа.



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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Силовые преобразователи тяговых подстанций и электроподвижного состава : учебное пособие / Е. Ю. Салита, Г. С. Магай, Т. В. Комякова [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Омск : ОмГУПС, 2013. — 131 с. — ISBN 978-5-949-41073-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/129210">https://e.lanbook.com/book/129210</a> (дата обращения: 31.01.2024).
2	Салита, Е. Ю. Электронная техника и преобразователи в электроснабжении : учебное пособие / Е. Ю. Салита, Т. В. Ковалева, Т. В. Комякова. — Омск : ОмГУПС, 2021. — 111 с. — ISBN 978-5-949-41274-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/190234">https://e.lanbook.com/book/190234</a> (дата обращения: 21.02.2024).
3	Разработка преобразовательного агрегата для энергетического обеспечения движения поездов : учебно-методическое пособие / Л. А. Астраханцев, Т. Л. Алексеева, Н. Л. Рябченко [и др.]. — Иркутск : ИрГУПС, 2022. — 48 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/342155">https://e.lanbook.com/book/342155</a> (дата обращения: 31.01.2024).
4	Салита, Е. Ю. Силовая электроника : учебное пособие / Е. Ю. Салита. — Омск : ОмГУПС, 2019. — 156 с. — ISBN 978-5-949-41225-1.	<a href="https://e.lanbook.com/book/129209">https://e.lanbook.com/book/129209</a> (дата обращения: 31.01.2024).
5	Кандаев, В. А. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. А. Кандаев. — Омск : ОмГУПС, 2016. — 104 с. — ISBN 978-5-949-41143-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/129162">https://e.lanbook.com/book/129162</a> (дата обращения: 31.01.2024).
6	Салита, Е. Ю. Проектирование преобразователей для тяговых подстанций постоянного тока : учебно-методическое пособие / Е. Ю. Салита, Т. В. Комякова, Т. В. Ковалева. — 4-е изд. перераб. и доп. — Омск : ОмГУПС, 2021. — 56 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/264506">https://e.lanbook.com/book/264506</a> (дата обращения: 21.02.2024).

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).

Маркерная доска или проектор

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

Курсовой проект в 7 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 ЭЭТ

М.В. Шевлюгин

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин