

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: 02.09.2025

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 также 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 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:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- основные расчетные формулы, временная диаграмма работы. - достоинства и недостатки схемы.
10	двадцатичетырехпульсовая схема трёхфазного выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - основные расчетные формулы, временная диаграмма работы. - достоинства и недостатки схемы.
11	Способы регулирования выпрямленного напряжения. Рассматриваемые вопросы: - управляемые выпрямители. - коммутация вентильных токов в трехфазных выпрямителях - энергетические показатели выпрямителей.
12	Пульсации выпрямленного напряжения. - фильтры для подавления мешающего влияния выпрямительных агрегатов. - параллельная работа выпрямительных агрегатов с различным числом пульсаций.
13	Качество выпрямленного напряжения Аварийные режимы и защита выпрямителей Рассматриваемые вопросы: - высшие гармонические составляющие в кривых выпрямленного напряжения и сетевого тока; - качество выпрямленного напряжения, коэффициент полной волнистости; - роль сглаживающего реактора и основные расчетные соотношения; - коэффициент искажения сетевого тока и несинусоидальность напряжения питающей. - аварийные режимы выпрямителей, расчеты токов в элементах выпрямителя при коротких замыканиях; - коммутационные перенапряжения, защита выпрямителей.
14	Инверторы, ведомые сетью. Автономные инверторы. Рассматриваемые вопросы: - 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, внешняя характеристика ведомого сетью инвертора; - аварийные процессы в инверторах, опрокидывание инверторов, защиты от них; - особенности работы инверторов тяговых подстанций; - автономные инверторы напряжения, принцип действия, анализ работы на различные виды нагрузок, основные расчетные соотношения,; - автономные инверторы тока, принцип их работы, основные расчетные соотношения, энергетические характеристики автономных инверторов тока; - применение автономных инверторов в регулируемом электроприводе с асинхронными двигателями трехфазного тока.
15	Импульсные преобразователи постоянного тока. Преобразователи переменного тока Рассматриваемые вопросы: - назначение и классификация импульсных преобразователей, принцип импульсного регулирования напряжения в цепях постоянного тока, способы модуляции; - схемы импульсных преобразователей с широтной и частотной модуляцией; - анализ процессов в схеме импульсного преобразователя, основные расчетные соотношения; - схемы импульсных преобразователей с понижением и повышением выходного напряжения и применение их на электроподвижном составе; - влияние импульсных преобразователей на работу сетей тягового электроснабжения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- виды преобразователей с естественной, искусственной и принудительной коммутацией, особенности узлов принудительной коммутации; - электромагнитные процессы при коммутации, основные расчетные соотношения; - сравнение схем импульсных преобразователей, их энергетические характеристики и параметры; - применения импульсных преобразователей в устройствах электрической тяги.
16	Системы управления и защиты электронных преобразователей. Испытания и проверки тяговых преобразователей в условиях эксплуатации Рассматриваемые вопросы: - назначение системы управления. гарантированное управление тиристорами и силовыми транзисторами; - структурные и функциональные схемы систем управления, основные узлы системы управления; - системы защиты электронных полупроводниковых приборов преобразователя при их пробое, от перенапряжений и токов коротких замыканий; - 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 и в рабочем режиме.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Расчет токов короткого замыкания в выпрямительно-инверторных преобразователях Рассматриваемые вопросы: - переходные режимы короткого замыкания в выпрямительных преобразователях; - внешняя характеристика выпрямителя в рабочем режиме и в режиме короткого замыкания; - опрокидывание инверторов.
2	Гармонический анализ выпрямленного напряжения и сетевого тока выпрямительно-инверторных преобразователей Рассматриваемые вопросы: - ряды Фурье, прогнозирование гармонических составляющих; - графо-аналитический метод гармонического анализа; - гармонический анализ методом аппроксимации.
3	Расчет шестипульсовой схемы выпрямления: звезда – две обратные звезды с уравнительным реактором. 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.
4	Исследование основных энергетических характеристик зависимых инверторов Рассматриваемые вопросы: - коэффициент искажения сетевого тока зависимых инверторов; - коэффициент мощности зависимых инверторов; - качество выпрямленного и инвертируемого напряжения.
5	Исследование основных энергетических характеристик автономных инверторов. Рассматриваемые вопросы: - автономные инверторы напряжения, принцип их работы, внешние характеристики, коэффициент

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	мощности; - автономные инверторы тока, принцип работы, внешние характеристики, коэффициент мощности.
6	Исследование основных энергетических характеристик импульсных преобразователей постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - тиристорно-импульсные преобразователи с частотной модуляцией; - тиристорно-импульсные преобразователи с широтной модуляцией; - 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.	https://e.lanbook.com/book/129210 (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.	https://e.lanbook.com/book/190234 (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.	https://e.lanbook.com/book/342155 (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.	https://e.lanbook.com/book/129209 (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.	https://e.lanbook.com/book/129162 (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.	https://e.lanbook.com/book/264506 (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)

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