

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 специалитета
по специальности
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Проектирование компонентов систем управления и электронных
преобразователей энергии подвижного состава ВСМ**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Инжиниринг подвижного состава
высокоскоростных железнодорожных
магистралей

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: 5214

Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег
Евгеньевич

Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины "Проектирование компонентов систем управления и электронных преобразователей энергии подвижного состава ВСМ" является:

- ознакомление студентов с основами устройства и принципом работы электронной и преобразовательной техники.

Задачами освоения учебной дисциплины "Проектирование компонентов систем управления и электронных преобразователей энергии подвижного состава ВСМ" являются:

- получение студентами основ профессиональных знаний по физике полупроводников;
- освоение принципа действия и характеристик полупроводниковых приборов силовой и информационной электроники;
- освоение электронных преобразователей электрической энергии.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-10 - Способен применять расчетные и экспериментальные методы при создании новых образцов техники ВСМ.

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

Знать:

параметры и характеристики приборов и устройств силовой и информационной электроники

Уметь:

использовать полученные знания при исследовании, создании и эксплуатации систем управления электрическим подвижным составом на основе электронных преобразователей электроэнергии

Владеть:

навыками и умениями использовать приобретенные знания при разработке и эксплуатации электроподвижного состава с электронными преобразователями электроэнергии

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 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	№8	№9
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	144	48	48	48
В том числе:				
Занятия лекционного типа	96	32	32	32
Занятия семинарского типа	48	16	16	16

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 144 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	Полупроводники и полупроводниковые материалы. Рассматриваемые вопросы: - основные свойства чистых и примесных полупроводников; - электропроводность чистых и примесных полупроводников; - дрейфовый и диффузионный токи в полупроводнике; - подвижность носителей и ее зависимость от температуры, концентрации примесей, напряженности электрического поля;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры; - механизм рекомбинации и время жизни носителей; - закон убывания концентрации носителей за счет рекомбинации.
2	Электронно-дырочный переход и его характеристики. Рассматриваемые вопросы: - явления, возникающие в контакте металл - полупроводник и полупроводник - полупроводник разных типов проводимости; - зонная диаграмма р-п перехода. Анализ р-п перехода в равновесном и неравновесном состояниях; - вывод уравнения вольтамперной характеристики (ВАХ) р-п перехода; - отличия ВАХ реального диода от ВАХ р-п перехода; - виды пробоя р-п перехода; - температурные зависимости ВАХ р-п перехода.
3	Полупроводниковые диоды. Рассматриваемые вопросы: - вольтамперная характеристика диода; - эквивалентные схемы диода при прямом и обратном смещениях; - анализ переходных процессов в диоде; - разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды, лавинные диоды); - основные конструкции и технологические приемы изготовления диодов; - процессы включения и выключения диода; - мощность потерь в диодах; - взаимосвязь основных параметров силовых диодов.
4	Нагревание и охлаждение полупроводниковых приборов. Рассматриваемые вопросы: - процессы нагревания и охлаждения полупроводниковых приборов; - тепловая модель; - тепловые характеристики диодов, их охлаждение, расчет систем охлаждения.
5	Биполярные транзисторы. Рассматриваемые вопросы: - устройство биполярного транзистора и основные соотношения между токами его электродов; - анализ процессов в транзисторе (характер движения носителей, влияние электрического поля на это движение, распределение концентрации не основных носителей, анализ коэффициента передачи тока эмиттера от режима); - уравнения Эберса-Молла идеализированного транзистора; - характеристики транзистора при включении по схеме с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором; - параметры и эквивалентные схемы транзистора как четырехполюсника.
6	Полевые транзисторы. Рассматриваемые вопросы: - устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом; - МОП-транзисторы, выполненные на основе "металл-оксид-полупроводник".
7	Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). Рассматриваемые вопросы: - устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы IGBT-транзисторов; - статические и динамические характеристики транзисторов; - силовые модули на IGBT-транзисторах.
8	Транзисторные усилители. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- принцип работы транзисторного усилителя; - статический режим работы усилительного каскада; - выбор рабочей точки, расчет каскада по постоянному току; - усилители с емкостной связью; - обратная связь в усилителях; - температурная стабилизация в транзисторном усилителе; - усилители постоянного тока; - эмиттерные повторители; - каскад с эмиттерной связью (дифференциальный усилитель).
9	Транзисторные ключи. Импульсные схемы на транзисторах. Рассматриваемые вопросы: - статические характеристики транзисторных ключей (режим отсечки, режим насыщения); - динамические режимы работы транзисторного ключа; - импульсные схемы на транзисторах: генераторы, усилители импульсов, мультивибраторы, триггеры; - процессы включения и выключения силового ключа; - цепи формирования траектории рабочей точки транзисторного ключа; - расчет параметров снабберных цепей.
10	Тиристоры. Рассматриваемые вопросы: - физические процессы в 4х-слойной структуре; - вольтамперная характеристика тиристора; - переходные процессы включения и выключения одно-операционных тиристоров малой и большой мощности; - классификационные параметры тиристоров; - запираемые по управляющему электроду тиристоры (GTO-тиристоры, IGCT-тиристоры).
11	Групповое соединение силовых полупроводниковых приборов. Рассматриваемые вопросы: - последовательное и параллельное соединение полупроводниковых приборов; - распределение токов и напряжений между приборами - определение параметров делителей тока и напряжения; - защита полупроводниковых приборов от сверхтоков и перенапряжений.
12	Интегральные микросхемы (ИМС). Устройства информационной электроники. Рассматриваемые вопросы: - принцип создания и основные элементы ИМС; - аналоговые ИМС - дифференциальные и операционные (ОУ) усилители; - свойства идеального операционного усилителя; - реальный операционный усилитель, корректирующие цепи и их назначение; - основные схемы включения операционного усилителя; - использование операционного усилителя для реализации математических функций: суммирования, интегрирования, дифференцирования и др.
13	Цифровые интегральные микросхемы. Рассматриваемые вопросы: - основы теории цифровых систем; - логические переменные и основные законы алгебры логики; - логические функции двух аргументов; - способы описания логических функций; - составление и минимизация логических уравнений; - построение комбинационных логических схем на типовых элементах; - типовые комбинационные преобразователи логических сигналов: дешифраторы, сумматоры,

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	мультиплексоры; - комбинационные логические устройства; - логические устройства с памятью; - триггеры и триггерные устройства. Триггеры RS, JK, Д, Т - типов. Типовые устройства с памятью: счетчики, регистры; - аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Способы аналого-цифрового преобразования (АЦП). Структурные схемы ЦАП и АЦП; - большие ИМС. Микропроцессорные наборы. Принципы создания и организации работы микропроцессорных систем.
14	Полупроводниковые преобразователи параметров электрической энергии. Рассматриваемые вопросы: - классификация полупроводниковых преобразователей параметров электрической энергии. Преобразователи параметров напряжения, тока, частоты; - выпрямители, инверторы, импульсные прерыватели, непосредственные преобразователи частоты, циклоконвертеры. Обратимость полупроводниковых преобразователей.
15	Полупроводниковые выпрямители. Рассматриваемые вопросы: - нулевой, мостовой выпрямители; - основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения, средние значения токов полупроводниковых приборов, напряжение на полупроводниковых приборах, мощность трансформатора.
16	Мостовая схема выпрямления. Рассматриваемые вопросы: - 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.
17	Процессы коммутации в выпрямителях. Рассматриваемые вопросы: - 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.
18	Повышение энергетической эффективности выпрямителей. Рассматриваемые вопросы: - 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.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
19	Инвертирования постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - ведомые сетью инверторы. Условия обеспечения процесса инвертирования; - процессы коммутации в ведомых сетью инверторах; - углы прегулирования, 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.
20	Пульсации выпрямленного напряжения и тока. Рассматриваемые вопросы: - пульсации выпрямленного напряжения и тока; - спектральный состав выпрямленного напряжения; - влияние угла регулирования на амплитуды гармоник выпрямленного напряжения; - сглаживание пульсаций выпрямленного тока; - сглаживающие реакторы и определение индуктивности сглаживающего реактора.
21	Непосредственные преобразователи частоты. Рассматриваемые вопросы: - преобразование переменного m-фазного напряжения частотой f в $m1$-фазное напряжение частотой $f1$; - условия обеспечения такого преобразования, соотношения между числом фаз на входе и выходе преобразователя и частотами на входе и выходе; - пример однофазно-трехфазного преобразователя для питания вспомогательных двигателей электровозов переменного тока.
22	Системы управления полупроводниковыми преобразователями. Рассматриваемые вопросы: - системы управления полупроводниковыми преобразователями; - требования к системе управления выпрямителем; - функциональная схема системы управления выпрямителем.
23	Узел синхронизации с сетью. Рассматриваемые вопросы: - 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.
24	Узел фазового управления при аналоговом способе обработки информации. Рассматриваемые вопросы: - функциональная схема узла фазового управления выпрямителем; - принципиальная схема узла фазового управления выпрямителем при аналоговом способе обработки информации; - аналоговый генератор пилообразного напряжения; - выбор параметров интегратора; - аналоговый компаратор узла фазового управления выпрямителем.
25	Узел фазового управления при цифровом способе обработки информации. Рассматриваемые вопросы: - функциональная схема узла фазового управления выпрямителем; - принципиальная схема узла фазового управления выпрямителем при цифровом способе обработки информации; - цифровой генератор пилообразного напряжения; - выбор параметров генератора тактовых импульсов;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- цифровой компаратор узла фазового управления выпрямителем; - использование сумматора для сравнения двух двоичных кодов.
26	Узел распределения импульсов управления тиристорами выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - узел распределения импульсов управления тиристорами выпрямителя; - синтез узла распределения импульсов на логических элементах; - узел формирования импульсов управления тиристорами; - схема узла формирования импульсов управления тиристорами и ее работа.
27	Импульсный прерыватель постоянного напряжения. Рассматриваемые вопросы: - схема, принцип работы, способы регулирования напряжения; - внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного напряжения с учетом сопротивления источника питания.
28	Импульсный прерыватель постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - схема, принцип работы, способы регулирования напряжения; - внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного тока с учетом сопротивления источника питания.
29	Схемы полупроводниковых ключей импульсных прерывателей постоянного напряжения и тока. Рассматриваемые вопросы: - однооперационные, двухоперационные и трехоперационные ключи с принудительной конденсаторной коммутацией; - принцип работы ключей; - транзисторный полупроводниковый ключ; - электромагнитные процессы, расчет параметров элементов ключа.
30	Пульсации токов и напряжений при импульсном регулировании постоянного напряжения и тока. Рассматриваемые вопросы: - сглаживание пульсаций выходного тока импульсного прерывателя постоянного напряжения, расчет параметров выходного фильтра; - сглаживание пульсаций входного тока импульсного прерывателя постоянного напряжения, расчет параметров входного фильтра.
31	Автономные инверторы тока. Рассматриваемые вопросы: - 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.
32	Трехфазный автономный инвертор тока с отсекающими диодами. Рассматриваемые вопросы: - принцип работы принцип работы; - использование инвертора для питания асинхронных двигателей, основные соотношения; - электромагнитные процессы коммутации в трехфазном автономном инверторе тока с отсекающими диодами.
33	Автономные инверторы напряжения. Рассматриваемые вопросы: - принцип работы однофазного мостового инвертора напряжения, основные соотношения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- особенности полупроводниковых ключей инверторов напряжения; - принцип работы однофазного полумостового инвертора напряжения, основные соотношения.
34	Трехфазный автономный инвертор напряжения. Рассматриваемые вопросы: - принцип работы, основные соотношения; - регулирование напряжения в автономных инверторах; - широтно-импульсная модуляция в однофазном инверторе напряжения; - принцип работы и основные соотношения; - использование инверторов напряжения для частотного регулирования асинхронных тяговых двигателей.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование характеристик полупроводниковых диодов. Рассматриваемые вопросы: - изучить свойства и характеристики полупроводниковых приборов, особенности группового соединения и переходные процессы при выключении диодов; - изучить характеристики полупроводниковых стабилитронов; - научиться определять параметры вольтамперной характеристики диодов, показатели неравномерности нагрузки диодов при групповом соединении; - научиться определять допустимые нагрузки диодов при отличных от паспортных режимах работы; - научиться рассчитывать простейшие стабилизаторы напряжения.
2	Исследование характеристик транзистора. Рассматриваемые вопросы: - изучить статические характеристики транзистора при схемах включения с общим эмиттером, общей базой; - определить основные параметры транзисторов.
3	Исследование транзисторного усилителя. Рассматриваемые вопросы: - изучить основные типы транзисторных усилителей, принципы их работы и основные характеристики; - научиться экспериментально определять характеристики усилителей и оценивать по характеристикам показатели работы усилителей.
4	Исследование характеристик и параметров тиристоров. Рассматриваемые вопросы: - изучить принцип действия, параметры и характеристики тиристоров; - научиться применять тиристоры в качестве ключевых элементов, приобрести навыки практического измерения их параметров.
5	Исследование операционного усилителя. Рассматриваемые вопросы: - изучить характеристики операционного усилителя и основные схемы его включения; - освоить практические приемы построений на базе операционных усилителей сумматоров, компараторов, генераторов, цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей.
6	Исследование цифровых интегральных микросхем. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы действия цифровых ИМС освоить приемы синтеза простейших

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	комбинационные узлов из типового набора цифровых ИМС; - изучить использование типовых логических элементов для построения различных генераторов импульсов.
7	Исследование однофазного управляемого выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы построения и работы однофазных управляемых выпрямителей; - изучить регулировочные характеристики однофазного управляемого выпрямителя; - экспериментально исследовать работу однофазного управляемого выпрямителя на активную, активно-индуктивную и двигательную нагрузку на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".
8	Исследование аналоговой системы импульсно-фазового управления однофазного управляемого выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы построения аналоговых систем импульсно-фазового управления управляемых выпрямителей; - изучить работу основных узлов системы импульсно-фазового управления однофазного управляемого выпрямителя; - практически исследовать работу основных узлов системы импульсно-фазового управления однофазного управляемого выпрямителя на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".
9	Исследование трехфазного управляемого выпрямителя. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы построения и работы трехфазных управляемых выпрямителей; - изучить регулировочные характеристики трехфазного управляемого выпрямителя; - экспериментально исследовать работу трехфазного управляемого выпрямителя на активную, активно-индуктивную и двигательную нагрузку на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".
10	Исследование трехфазных широтно-импульсных преобразователей. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы построения и работы трехфазных широтно-импульсных преобразователей; - изучить регулировочные характеристики трехфазного широтно-импульсного преобразователя; - экспериментально исследовать работу трехфазного широтно-импульсного преобразователя на активную, активно-индуктивную и двигательную нагрузку на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".
11	Исследование широтно-импульсного прерывателя постоянного напряжения. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы построения и работы импульсного прерывателя постоянного напряжения; - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики широтно-импульсного прерывателя постоянного напряжения при активно-индуктивной нагрузке, шунтированной диодом.
12	Исследование широтно-импульсного прерывателя постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - изучить принципы построения и работы импульсного прерывателя постоянного тока; - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики широтно-импульсного прерывателя постоянного тока.
13	Исследование параллельного автономного инвертора тока. Рассматриваемые вопросы: - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики параллельного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
14	Исследование последовательно-параллельного автономного инвертора тока. Рассматриваемые вопросы: - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательно-параллельного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.
15	Исследование последовательного резонансного автономного инвертора тока Рассматриваемые вопросы: - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательного резонансного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.
16	Исследование последовательно-параллельного резонансного автономного инвертора тока. Рассматриваемые вопросы: - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательно-параллельного резонансного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.
17	Исследование автономного инвертора напряжения. Рассматриваемые вопросы: - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики автономного инвертора напряжения при работе на активно - индуктивную нагрузку.
18	Исследование автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией. Рассматриваемые вопросы: - изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией при работе на активно - индуктивную нагрузку.
19	Исследование трехфазного автономного инвертора напряжения с широтно – импульсной модуляцией. Рассматриваемые вопросы: - 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.

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

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

1 Расчет тиристорного выпрямителя

2 Расчет автономного инвертора напряжения

3 Расчет импульсного преобразователя постоянного напряжения

Варианты заданий

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя НБ-418К6, НБ-412К, AL4442nP, РТ-51Д

3. Количество тяговых двигателей 2, 4, 6.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 2, 4, 6...

параллельно 2, 4, 6....

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока

минимальное напряжение - 19 кВ

максимальное напряжение - 29 кВ

5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 2, 3, 4

7. Коэффициент перегрузки по току 1.5 2.0

1 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя НБ-418К6,

3. Количество тяговых двигателей 6.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 2,

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока

минимальное напряжение - 19 кВ

максимальное напряжение - 29 кВ

5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 3

7. Коэффициент перегрузки по току 1.5

2 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя НБ-412К,

3. Количество тяговых двигателей 6.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 2,

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока

минимальное напряжение -19 кВ

максимальное напряжение - 29 кВ

5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 2

7. Коэффициент перегрузки по току 1.5

3 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя AL4442nP,

3. Количество тяговых двигателей 6.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 6,

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока

минимальное напряжение -19 кВ

максимальное напряжение - 29 кВ

5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 2

7. Коэффициент перегрузки по току 1.5

4 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя РТ-51Д,

3. Количество тяговых двигателей 6.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 6,

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока

минимальное напряжение - 19 кВ

максимальное напряжение - 29 кВ

5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 2

7. Коэффициент перегрузки по току 1.5

5 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя РТ-51Д,

3. Количество тяговых двигателей 4.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 6,

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока

минимальное напряжение - 19 кВ

максимальное напряжение - 29 кВ

5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 2

7. Коэффициент перегрузки по току 2

6 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.

2. Тип тягового двигателя НБ-418К6,

3. Количество тяговых двигателей 6.

Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 2,

4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока
минимальное напряжение -19 кВ
максимальное напряжение - 29 кВ
5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц
6. Количество зон выпрямителя 3
7. Коэффициент перегрузки по току 2

7 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.
2. Тип тягового двигателя НБ-412К,
3. Количество тяговых двигателей 6.
Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 2,
4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока
минимальное напряжение -19 кВ
максимальное напряжение - 29 кВ
5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц
6. Количество зон выпрямителя 2
7. Коэффициент перегрузки по току 2

8 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.
2. Тип тягового двигателя AL4442nP,
3. Количество тяговых двигателей 6.
Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 6,
4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока
минимальное напряжение -19 кВ
максимальное напряжение - 29 кВ
5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц

6. Количество зон выпрямителя 3
7. Коэффициент перегрузки по току 2

9 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.
 2. Тип тягового двигателя РТ-51Д,
 3. Количество тяговых двигателей 6.
- Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 6,
4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока
минимальное напряжение - 19 кВ
максимальное напряжение - 29 кВ
 5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц
 6. Количество зон выпрямителя 3
 7. Коэффициент перегрузки по току 2

10 вариант

1. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) для питания тяговых двигателей ЭПС.
 2. Тип тягового двигателя РТ-51Д,
 3. Количество тяговых двигателей 4.
- Схема соединения тяговых двигателей: последовательно 6,
4. Напряжение питающей сети - 25 кВ переменного тока
минимальное напряжение - 19 кВ
максимальное напряжение - 29 кВ
 5. Частота напряжения питающей сети 50 Гц
 6. Количество зон выпрямителя 2
 7. Коэффициент перегрузки по току 2

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Электронная техника и преобразователи А.Т. Бурков Однотомное издание Транспорт , 1999	Библиотека МКТ (Люблино); НТБ (уч.2); НТБ (уч.3); НТБ (уч.4); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.2); НТБ (чз.4)
2	Преобразовательные полупроводниковые устройства подвижного состава Ю.М. Иньков, Н.А. Ротанов, В.П. Феокистов и др.; Ред. Ю.М. Иньков; Под Ред. Ю.М. Иньков Однотомное издание Транспорт , 1982	НТБ (фб.)
3	Кулинич, Ю. М. Электронная и преобразовательная техника : учебник / Ю. М. Кулинич, С. А. Шухарев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 228 с. – ISBN 978-5-9729-2315-1. - Текст : электронный	https://znanium.ru/catalog/product/2227009 (дата обращения: 03.12.2025). – Режим доступа: по подписке.
4	Онищенко, Г. Б. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения : учебное пособие / Г.Б. Онищенко, О.М. Соснин. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 122 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-018517-0. - Текст : электронный	https://znanium.ru/catalog/product/2157002 (дата обращения: 03.12.2025). – Режим доступа: по подписке.

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

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

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).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные учебными и лабораторными стендами.

Специальное образовательное пространство Интерактивный комплекс опережающей подготовки «Инжиниринг подвижного состава для ВСМ».

Специальное образовательное пространство Научно-технологическая и экспериментальная лаборатория "Лаборатория цифровой инженерии и прототипирования".

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7, 8 семестрах.

Курсовой проект в 9 семестре.

Экзамен в 9 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
«Электропоезда и локомотивы»

Ю.М. Иньков

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

В.В. Литовченко

Согласовано:

Директор

Д.С. Манойло

Заведующий кафедрой ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова