

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
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Системы управления и электронная преобразовательная техника
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 РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5214
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег
Евгеньевич
Дата: 09.09.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины "Системы управления и электронная преобразовательная техника подвижного состава ВСМ" является:

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

Задачами освоения учебной дисциплины "Системы управления и электронная преобразовательная техника 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-9 - Способен выполнять обоснование параметров конструкции и систем подвижного состава 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 6 з.е. (216 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):	80	32	32	16
В том числе:				
Занятия лекционного типа	48	16	16	16
Занятия семинарского типа	32	16	16	0

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 136 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	<p>Полупроводники и полупроводниковые материалы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; - зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры; - механизм рекомбинации и время жизни носителей;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- закон убывания концентрации носителей за счет рекомбинации.
2	<p>Электронно-дырочный переход и его характеристики.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Полупроводниковые диоды.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Нагревание и охлаждение полупроводниковых приборов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - процессы нагревания и охлаждения полупроводниковых приборов; - тепловая модель; - тепловые характеристики диодов, их охлаждение, расчет систем охлаждения.
5	<p>Биполярные транзисторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Полевые транзисторы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом; - МОП-транзисторы, выполненные на основе "металл-оксид-полупроводник".
7	<p>Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT).</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы IGBT-транзисторов; - статические и динамические характеристики транзисторов; - силовые модули на IGBT-транзисторах.
8	<p>Транзисторные усилители.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принцип работы транзисторного усилителя; - статический режим работы усилительного каскада;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Транзисторные ключи. Импульсные схемы на транзисторах.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Тиристоры.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физические процессы в 4х-слоистой 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	<p>Групповое соединение силовых полупроводниковых приборов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Интегральные микросхемы (ИМС). Устройства информационной электроники.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Цифровые интегральные микросхемы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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, мультиплексоры; - комбинационные логические устройства; - логические устройства с памятью;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - триггеры и триггерные устройства. Триггеры RS, JK, D, T - 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	<p>Полупроводниковые преобразователи параметров электрической энергии.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация полупроводниковых преобразователей параметров электрической энергии. <p>Преобразователи параметров напряжения, тока, частоты;</p> <ul style="list-style-type: none"> - выпрямители, инверторы, импульсные прерыватели, непосредственные преобразователи частоты, циклоконвертеры. Обратимость полупроводниковых преобразователей.
15	<p>Полупроводниковые выпрямители.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нулевой, мостовой выпрямители; - основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения, средние значения токов полупроводниковых приборов, напряжение на полупроводниковых приборах, мощность трансформатора.
16	<p>Мостовая схема выпрямления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Процессы коммутации в выпрямителях.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Повышение энергетической эффективности выпрямителей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
19	<p>Инвертирование постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ведомые сетью инверторы. Условия обеспечения процесса инвертирования;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Пульсации выпрямленного напряжения и тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Непосредственные преобразователи частоты.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Системы управления полупроводниковыми преобразователями.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - системы управления полупроводниковыми преобразователями; - требования к системе управления выпрямителем; - функциональная схема системы управления выпрямителем.
23	<p>Узел синхронизации с сетью.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Узел фазового управления при аналоговом способе обработки информации.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Узел фазового управления при цифровом способе обработки информации.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; - цифровой компаратор узла фазового управления выпрямителем; - использование сумматора для сравнения двух двоичных кодов.
26	<p>Узел распределения импульсов управления тиристорами выпрямителя.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Импульсный прерыватель постоянного напряжения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - схема, принцип работы, способы регулирования напряжения; - внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного напряжения с учетом сопротивления источника питания.
28	<p>Импульсный прерыватель постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - схема, принцип работы, способы регулирования напряжения; - внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного тока с учетом сопротивления источника питания.
29	<p>Схемы полупроводниковых ключей импульсных прерывателей постоянного напряжения и тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - однооперационные, двухоперационные и трехоперационные ключи с принудительной конденсаторной коммутацией; - принцип работы ключей; - транзисторный полупроводниковый ключ; - электромагнитные процессы, расчет параметров элементов ключа.
30	<p>Пульсации токов и напряжений при импульсном регулировании постоянного напряжения и тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Автономные инверторы тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Трехфазный автономный инвертор тока с отсекающими диодами.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принцип работы принцип работы; - использование инвертора для питания асинхронных двигателей, основные соотношения; - электромагнитные процессы коммутации в трехфазном автономном инверторе тока с отсекающими диодами.
33	<p>Автономные инверторы напряжения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принцип работы однофазного мостового инвертора напряжения, основные соотношения; - особенности полупроводниковых ключей инверторов напряжения; - принцип работы однофазного полумостового инвертора напряжения, основные соотношения.
34	<p>Трехфазный автономный инвертор напряжения.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	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.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Принцип действия диода Расчет и построение характеристик диода.
2	Групповое соединение диода Расчет цепи с групповым соединением диода.
3	Принцип действия транзистора Расчет и построение характеристик транзисторов.
4	Принцип действия тиристоров Расчет и построение характеристик тиристоров.
5	Импульсные преобразователи постоянного напряжения Расчет и построение характеристик импульсных преобразователей постоянного напряжения.
6	Автономный инвертор напряжения Характеристики автономного инвертора напряжения.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

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

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. Феоктистов и др.; Ред. Ю.М. Иньков; Под Ред. Ю.М. Иньков Однотомное издание Транспорт , 1982	НТБ (фб.)

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

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miiit.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 и лабораторные стенды

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7, 8, 9 семестрах.

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

О.Н. Покусаев

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов