

**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)**

**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 РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 2017  
Подписал: заместитель руководителя Ефимова Ольга  
Владимировна  
Дата: 14.06.2024

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

Целью освоения учебной дисциплины "Электронная и преобразовательная техника" является:

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

Задачами освоения учебной дисциплины "Электронная и преобразовательная техника" 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; - зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры; - механизм рекомбинации и время жизни носителей; - закон убывания концентрации носителей за счет рекомбинации.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
2	<p><b>Электронно-дырочный переход и его характеристики.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- явления, возникающие в контакте металл - полупроводник и полупроводник - полупроводник разных типов проводимости;</li> <li>- зонная диаграмма р-п перехода. Анализ р-п перехода в равновесном и неравновесном состояниях;</li> <li>- вывод уравнения вольтамперной характеристики (ВАХ) р-п перехода;</li> <li>- отличия ВАХ реального диода от ВАХ р-п перехода;</li> <li>- виды пробоя р-п перехода;</li> <li>- температурные зависимости ВАХ р-п перехода.</li> </ul>
3	<p><b>Полупроводниковые диоды.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вольтамперная характеристика диода;</li> <li>- эквивалентные схемы диода при прямом и обратном смещениях;</li> <li>- анализ переходных процессов в диоде;</li> <li>- разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды, лавинные диоды);</li> <li>- основные конструкции и технологические приемы изготовления диодов;</li> <li>- процессы включения и выключения диода;</li> <li>- мощность потерь в диодах;</li> <li>- взаимосвязь основных параметров силовых диодов.</li> </ul>
4	<p><b>Нагревание и охлаждение полупроводниковых приборов.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- процессы нагревания и охлаждения полупроводниковых приборов;</li> <li>- тепловая модель;</li> <li>- тепловые характеристики диодов, их охлаждение, расчет систем охлаждения.</li> </ul>
5	<p><b>Биполярные транзисторы.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство биполярного транзистора и основные соотношения между токами его электродов;</li> <li>- 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);</li> <li>- уравнения Эберса-Молла идеализированного транзистора;</li> <li>- характеристики транзистора при включении по схеме с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором;</li> <li>- параметры и эквивалентные схемы транзистора как четырехполюсника.</li> </ul>
6	<p><b>Полевые транзисторы.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом;</li> <li>- МОП-транзисторы, выполненные на основе "металл-оксид-полупроводник".</li> </ul>
7	<p><b>Биполярные транзисторы с изолированным затвором (JGBT).</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство, принцип действия, вольтамперные характеристики и эквивалентные схемы JGBT-транзисторов;</li> <li>- статические и динамические характеристики транзисторов;</li> <li>- силовые модули на JGBT-транзисторах.</li> </ul>
8	<p><b>Транзисторные усилители.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип работы транзисторного усилителя;</li> <li>- статический режим работы усилительного каскада;</li> <li>- выбор рабочей точки, расчет каскада по постоянному току;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- усилители с емкостной связью;</li> <li>- обратная связь в усилителях;</li> <li>- температурная стабилизация в транзисторном усилителе;</li> <li>- усилители постоянного тока;</li> <li>- эмиттерные повторители;</li> <li>- каскад с эмиттерной связью (дифференциальный усилитель).</li> </ul>
9	<p>Транзисторные ключи. Импульсные схемы на транзисторах.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- статические характеристики транзисторных ключей (режим отсечки, режим насыщения);</li> <li>- динамические режимы работы транзисторного ключа;</li> <li>- импульсные схемы на транзисторах: генераторы, усилители импульсов, мультивибраторы, триггеры;</li> <li>- процессы включения и выключения силового ключа;</li> <li>- цепи формирования траектории рабочей точки транзисторного ключа;</li> <li>- расчет параметров снабберных цепей.</li> </ul>
10	<p>Тиристоры.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физические процессы в 4х-слоистой структуре;</li> <li>- вольтамперная характеристика тиристора;</li> <li>- переходные процессы включения и выключения одно-операционных тиристоров малой и большой мощности;</li> <li>- классификационные параметры тиристоров;</li> <li>- запираемые по управляющему электроду тиристоры (GTO-тиристоры, IGCT-тиристоры).</li> </ul>
11	<p>Групповое соединение силовых полупроводниковых приборов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- последовательное и параллельное соединение полупроводниковых приборов;</li> <li>- распределение токов и напряжений между приборами</li> <li>- определение параметров делителей тока и напряжения;</li> <li>- защита полупроводниковых приборов от сверхтоков и перенапряжений.</li> </ul>
12	<p>Интегральные микросхемы (ИМС). Устройства информационной электроники.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип создания и основные элементы ИМС;</li> <li>- аналоговые ИМС</li> <li>- дифференциальные и операционные (ОУ) усилители;</li> <li>- свойства идеального операционного усилителя;</li> <li>- реальный операционный усилитель, корректирующие цепи и их назначение;</li> <li>- основные схемы включения операционного усилителя;</li> <li>- использование операционного усилителя для реализации математических функций: суммирования, интегрирования, дифференцирования и др.</li> </ul>
13	<p>Цифровые интегральные микросхемы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории цифровых систем;</li> <li>- логические переменные и основные законы алгебры логики;</li> <li>- логические функции двух аргументов;</li> <li>- способы описания логических функций;</li> <li>- составление и минимизация логических уравнений;</li> <li>- построение комбинационных логических схем на типовых элементах;</li> <li>- типовые комбинационные преобразователи логических сигналов: дешифраторы, сумматоры, мультиплексоры;</li> <li>- комбинационные логические устройства;</li> <li>- логические устройства с памятью;</li> <li>- триггеры и триггерные устройства. Триггеры RS, JK, Д, Т - типов. Типовые устройства с памятью:</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>счетчики, регистры;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Способы аналого-цифрового преобразования (АЦП). Структурные схемы ЦАП и АЦП;</li> <li>- ББольшие ИМС. Микропроцессорные наборы. Принципы создания и организации работы микропроцессорных систем.</li> </ul>
14	<p><b>Полупроводниковые преобразователи параметров электрической энергии.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация полупроводниковых преобразователей параметров электрической энергии.</li> </ul> <p>Преобразователи параметров напряжения, тока, частоты;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выпрямители, инверторы, импульсные прерыватели, непосредственные преобразователи частоты, циклоконвертеры. Обратимость полупроводниковых преобразователей.</li> </ul>
15	<p><b>Полупроводниковые выпрямители.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нулевой, мостовой выпрямители;</li> <li>- основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения, средние значения токов полупроводниковых приборов, напряжение на полупроводниковых приборах, мощность трансформатора.</li> </ul>
16	<p><b>Мостовая схема выпрямления.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- регулирование напряжения на выходе выпрямителя;</li> <li>- основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения, средние значения токов полупроводниковых приборов, напряжение на полупроводниковых приборах, мощность трансформатора;</li> <li>- регулировочная характеристика;</li> <li>- действующее значение тока трансформатора;</li> <li>- коэффициент мощности выпрямителя;</li> <li>- влияние алгоритма управления тиристорами выпрямителя на регулировочную характеристику, действующее значение тока трансформатора и коэффициент мощности выпрямителя.</li> </ul>
17	<p><b>Процессы коммутации в выпрямителях.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- процессы коммутации в выпрямителях. Уравнение коммутации;</li> <li>- зависимость угла коммутации от угла регулирования;</li> <li>- внешняя характеристика выпрямителя;</li> <li>- влияние активных сопротивлений на внешнюю характеристику выпрямителя;</li> <li>- энергетические показатели выпрямителей;</li> <li>- влияние углов регулирования и коммутации на коэффициент мощности выпрямителя.</li> </ul>
18	<p><b>Повышение энергетической эффективности выпрямителей.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- зонно-фазовое регулирование напряжения;</li> <li>- двухзонные выпрямители;</li> <li>- основные соотношения: среднее значение выпрямленного напряжения на первой и второй зонах регулирования;</li> <li>- влияние углов регулирования и коммутации на коэффициент мощности выпрямителя;</li> <li>- коэффициент мощности выпрямителя на первой и второй зонах регулирования;</li> <li>- выпрямители с принудительной коммутацией полупроводниковых приборов;</li> <li>- влияние углов включения и выключения на регулировочную характеристику выпрямителя;</li> <li>- влияние углов включения и выключения на коэффициент мощности выпрямителя.</li> </ul>
19	<p><b>Инвертирование постоянного тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ведомые сетью инверторы. Условия обеспечения процесса инвертирования;</li> <li>- процессы коммутации в ведомых сетью инверторах;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- углы прегулирования, опережения, коммутации и запаса;</li> <li>- внешняя характеристика ведомого сетью инвертора при различных законах регулирования: а) постоянство угла регулирования и б) постоянство угла запаса;</li> <li>- устойчивость процесса коммутации на электровозах переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями на примере электровоза 2ЭС5К.</li> </ul>
20	<p><b>Пульсации выпрямленного напряжения и тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пульсации выпрямленного напряжения и тока;</li> <li>- спектральный состав выпрямленного напряжения;</li> <li>- влияние угла регулирования на амплитуды гармоник выпрямленного напряжения;</li> <li>- сглаживание пульсаций выпрямленного тока;</li> <li>- сглаживающие реакторы и определение индуктивности сглаживающего реактора.</li> </ul>
21	<p><b>Непосредственные преобразователи частоты.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- преобразование переменного <math>m</math>-фазного напряжения частотой <math>f</math> в <math>m1</math>-фазное напряжение частотой <math>f1</math>;</li> <li>- условия обеспечения такого преобразования, соотношения между числом фаз на входе и выходе преобразователя и частотами на входе и выходе;</li> <li>- пример однофазно-трехфазного преобразователя для питания вспомогательных двигателей электровозов переменного тока.</li> </ul>
22	<p><b>Системы управления полупроводниковыми преобразователями.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- системы управления полупроводниковыми преобразователями;</li> <li>- требования к системе управления выпрямителем;</li> <li>- функциональная схема системы управления выпрямителем.</li> </ul>
23	<p><b>Узел синхронизации с сетью.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- требования к узлу синхронизации системы управления выпрямителем с сетью и сложность его работы;</li> <li>- использование разложения кривой питающего напряжения в ряд Фурье для обеспечения помехоустойчивости синхронизатора с сетью.</li> </ul>
24	<p><b>Узел фазового управления при аналоговом способе обработки информации.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- функциональная схема узла фазового управления выпрямителем;</li> <li>- принципиальная схема узла фазового управления выпрямителем при аналоговом способе обработки информации;</li> <li>- аналоговый генератор пилообразного напряжения;</li> <li>- выбор параметров интегратора;</li> <li>- аналоговый компаратор узла фазового управления выпрямителем.</li> </ul>
25	<p><b>Узел фазового управления при цифровом способе обработки информации.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- функциональная схема узла фазового управления выпрямителем;</li> <li>- принципиальная схема узла фазового управления выпрямителем при цифровом способе обработки информации;</li> <li>- цифровой генератор пилообразного напряжения;</li> <li>- выбор параметров генератора тактовых импульсов;</li> <li>- цифровой компаратор узла фазового управления выпрямителем;</li> <li>- использование сумматора для сравнения двух двоичных кодов.</li> </ul>
26	<p><b>Узел распределения импульсов управления тиристорами выпрямителя.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- узел распределения импульсов управления тиристорами выпрямителя;</li> <li>- синтез узла распределения импульсов на логических элементах;</li> <li>- узел формирования импульсов управления тиристорами;</li> <li>- схема узла формирования импульсов управления тиристорами и ее работа.</li> </ul>
27	<p><b>Импульсный прерыватель постоянного напряжения.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схема, принцип работы, способы регулирования напряжения;</li> <li>- внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного напряжения с учетом сопротивления источника питания.</li> </ul>
28	<p><b>Импульсный прерыватель постоянного тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схема, принцип работы, способы регулирования напряжения;</li> <li>- внешняя и регулировочная характеристики импульсного прерывателя постоянного тока с учетом сопротивления источника питания.</li> </ul>
29	<p><b>Схемы полупроводниковых ключей импульсных прерывателей постоянного напряжения и тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- однооперационные, двухоперационные и трехоперационные ключи с принудительной конденсаторной коммутацией;</li> <li>- принцип работы ключей;</li> <li>- транзисторный полупроводниковый ключ;</li> <li>- электромагнитные процессы, расчет параметров элементов ключа.</li> </ul>
30	<p><b>Пульсации токов и напряжений при импульсном регулировании постоянного напряжения и тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сглаживание пульсаций выходного тока импульсного прерывателя постоянного напряжения, расчет параметров выходного фильтра;</li> <li>- сглаживание пульсаций входного тока импульсного прерывателя постоянного напряжения, расчет параметров входного фильтра.</li> </ul>
31	<p><b>Автономные инверторы тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип работы однофазного автономного инвертора тока, основные соотношения;</li> <li>- особенности полупроводниковых ключей инверторов тока;</li> <li>- параллельный инвертор тока;</li> <li>- принцип работы, основные соотношения;</li> <li>- однофазный автономный инвертор тока с отсекающими диодами, принцип работы, основные соотношения.</li> </ul>
32	<p><b>Трехфазный автономный инвертор тока с отсекающими диодами.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип работы принцип работы;</li> <li>- использование инвертора для питания асинхронных двигателей, основные соотношения;</li> <li>- электромагнитные процессы коммутации в трехфазном автономном инверторе тока с отсекающими диодами.</li> </ul>
33	<p><b>Автономные инверторы напряжения.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип работы однофазного мостового инвертора напряжения, основные соотношения;</li> <li>- особенности полупроводниковых ключей инверторов напряжения;</li> <li>- принцип работы однофазного полумостового инвертора напряжения, основные соотношения.</li> </ul>
34	<p><b>Трехфазный автономный инвертор напряжения.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>



№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- принцип работы, основные соотношения;</li> <li>- регулирование напряжения в автономных инверторах;</li> <li>- широтно-импульсная модуляция в однофазном инверторе напряжения;</li> <li>- принцип работы и основные соотношения;</li> <li>- использование инверторов напряжения для частотного регулирования асинхронных тяговых двигателей.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Исследование характеристик полупроводниковых диодов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить свойства и характеристики полупроводниковых приборов, особенности группового соединения и переходные процессы при выключении диодов;</li> <li>- изучить характеристики полупроводниковых стабилитронов;</li> <li>- научиться определять параметры вольтамперной характеристики диодов, показатели неравномерности нагрузки диодов при групповом соединении;</li> <li>- научиться определять допустимые нагрузки диодов при отличных от паспортных режимах работы;</li> <li>- научиться рассчитывать простейшие стабилизаторы напряжения.</li> </ul>
2	<p>Исследование характеристик транзистора.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить статические характеристики транзистора при схемах включения с общим эмиттером, общей базой;</li> <li>- определить основные параметры транзисторов.</li> </ul>
3	<p>Исследование транзисторного усилителя.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить основные типы транзисторных усилителей, принципы их работы и основные характеристики;</li> <li>- научиться экспериментально определять характеристики усилителей и оценивать по характеристикам показатели работы усилителей.</li> </ul>
4	<p>Исследование характеристик и параметров тиристоров.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принцип действия, параметры и характеристики тиристоров;</li> <li>- научиться применять тиристоры в качестве ключевых элементов, приобрести навыки практического измерения их параметров.</li> </ul>
5	<p>Исследование операционного усилителя.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить характеристики операционного усилителя и основные схемы его включения;</li> <li>- освоить практические приемы построений на базе операционных усилителей сумматоров, компараторов, генераторов, цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей.</li> </ul>
6	<p>Исследование цифровых интегральных микросхем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы действия цифровых ИМС освоить приемы синтеза простейших комбинационных узлов из типового набора цифровых ИМС;</li> <li>- изучить использование типовых логических элементов для построения различных генераторов импульсов.</li> </ul>
7	<p>Исследование однофазного управляемого выпрямителя.</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	<p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы построения и работы однофазных управляемых выпрямителей;</li> <li>- изучить регулировочные характеристики однофазного управляемого выпрямителя;</li> <li>- экспериментально исследовать работу однофазного управляемого выпрямителя на активную, активно-индуктивную и двигательную нагрузку на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".</li> </ul>
8	<p><b>Исследование аналоговой системы импульсно-фазового управления однофазного управляемого выпрямителя.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы построения аналоговых систем импульсно-фазового управления управляемых выпрямителей;</li> <li>- изучить работу основных узлов системы импульсно-фазового управления однофазного управляемого выпрямителя;</li> <li>- практически исследовать работу основных узлов системы импульсно-фазового управления однофазного управляемого выпрямителя на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".</li> </ul>
9	<p><b>Исследование трехфазного управляемого выпрямителя.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы построения и работы трехфазных управляемых выпрямителей;</li> <li>- изучить регулировочные характеристики трехфазного управляемого выпрямителя;</li> <li>- экспериментально исследовать работу трехфазного управляемого выпрямителя на активную, активно-индуктивную и двигательную нагрузку на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".</li> </ul>
10	<p><b>Исследование трехфазных широтно-импульсных преобразователей.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы построения и работы трехфазных широтно-импульсных преобразователей;</li> <li>- изучить регулировочные характеристики трехфазного широтно-импульсного преобразователя;</li> <li>- экспериментально исследовать работу трехфазного широтно-импульсного преобразователя на активную, активно-индуктивную и двигательную нагрузку на универсальном лабораторном стенде "основы электропривода и преобразовательной техники".</li> </ul>
11	<p><b>Исследование широтно-импульсного прерывателя постоянного напряжения.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы построения и работы импульсного прерывателя постоянного напряжения;</li> <li>- изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики широтно-импульсного прерывателя постоянного напряжения при активно-индуктивной нагрузке, шунтированной диодом.</li> </ul>
12	<p><b>Исследование широтно-импульсного прерывателя постоянного тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить принципы построения и работы импульсного прерывателя постоянного тока;</li> <li>- изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики широтно-импульсного прерывателя постоянного тока.</li> </ul>
13	<p><b>Исследование параллельного автономного инвертора тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики параллельного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.</li> </ul>
14	<p><b>Исследование последовательно-параллельного автономного инвертора тока.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить электромагнитные процессы, внешние, регулировочные и энергетические характеристики последовательно-параллельного автономного инвертора тока при работе на активную нагрузку.</li> </ul>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
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

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.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 и лабораторные стенды

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

О.Н. Покусаев

Заместитель руководителя

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов