

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 бакалавриата
по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электрические и электронные аппараты

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электрический транспорт

Форма обучения: Очно-заочная

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).

Целями освоения учебной дисциплины «Электрические и электронные аппараты» являются:

- получение знаний по теоретическим основам электрических и электронных аппаратов, о принципах работы, конструкции электрического оборудования;
- изучить современные и перспективные технические решения в области тягового электрооборудования электрического подвижного состава (ЭПС) для следующих видов деятельности: научно-исследовательской; производственно-технологической.

Задачами освоения учебной дисциплины «Электрические и электронные аппараты» являются:

- освоение научно-исследовательской деятельности: осуществлять поиск и проверку новых технических решений по совершенствованию электрических и электронных аппаратов подвижного состава, анализировать поставленные исследовательские задачи в областях проектирования и ремонта электрического оборудования подвижного состава на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации;
- освоение производственно-технологической деятельности: использование типовых методов расчета и проектирования элементов и устройств электрических и электронных аппаратов, разработка и внедрение технологических процессов обслуживания и ремонта тяговых аппаратов, технического контроля и испытания продукции.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-3 - Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

ПК-4 - Способен организовывать и выполнять работы по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов профессиональной деятельности на основе знаний об особенностях функционирования их основных элементов и устройств, а также правил технического обслуживания и ремонта;

ПК-5 - Способен разрабатывать проекты устройств и систем, технологических процессов производства, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта объектов профессиональной деятельности.

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

Знать:

устройство, принцип действия, теорию работы основных видов электрических и электронных аппаратов, их конструкцию и эксплуатационные характеристики

Уметь:

использовать полученные знания в производственно-технологической и организационно-управленческой видах деятельности при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте электрических и электронных аппаратов ЭПС

Владеть:

навыками выбора и расчета параметров электрических и электронных аппаратов, методами технического обслуживания, ремонта и испытаний тягового электрооборудования ЭПС

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	
		№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	48	32
В том числе:			
Занятия лекционного типа	48	32	16
Занятия семинарского типа	32	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 208 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	Классификация тяговых аппаратов. Тяговые электрические аппараты, их классификация. Условия работы электрического оборудования. Габаритные ограничения, определение коэффициентов запаса по изменению напряжения, давления сжатого воздуха. Воздействие механических факторов внешней среды в части вибрации и ударных нагрузок, оговоренных группами М25, М26, М27 по ГОСТ 17516.1 Уровни эксплуатационных возмущений и нестабильностей: нагрузок, напряжений, температур, давлений.
2	Токоведущие элементы и узлы тяговых аппаратов. Токоведущие элементы тяговых аппаратов. Нагревание и охлаждение токоведущих деталей. Определение необходимого сечения токоведущих деталей. Расчет температуры нагрева токоведущих деталей. Конструкция электрических соединений. Определение коэффициента формы сечения проводников. Расчет проволочных и шинных катушек. Расчет контактов и контактных элементов. Расчет стыковых контактов, коммутирующих контактов цепей управления, расчет поверхностных контактов. Определение кинематики контактов. Износ контактов и расчет эрозионного износа. Снижение износа контактов. Решение уравнения нагревания и охлаждения. Расчет голых и изолированных шин и проводников на нагревание. Определение необходимого сечения токоведущих деталей.
3	Электрическая дуга и дугогашение в тяговых аппаратах. Основные свойства и характеристики электрической дуги постоянного тока. Анализ процессов размыкания электрических цепей ЭПС и роль дуги как средства снижения коммутационных перенапряжений. Электрическая дуга как случайный процесс и методы оценки её числовых характеристик. Статические и динамические вольтамперные характеристики дуги. Критическая длина дуги. Процессы, протекающие в дуге переменного и пульсирующего тока. Принципы воздействия на дугу. Виды дугогашения
4	Приводы тяговых аппаратов Виды приводов тяговых электроаппаратов, условия их работы в требования, предъявляемые к ним.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	Силы и моменты, возникающие при работе привода; приведенные массы и моменты, возникающие при работе привода; приведенные массы и моменты инерции подвижной системы. Статика и динамика приводов тяговых аппаратов. Определение времени срабатывания. Непосредственные приводы тяговых аппаратов. Требования охраны труда и эргономики к аппаратам с ручным приводом. Способы фиксации позиций и механические блокировки органов непосредственного управления. Контроллеры управления как аппараты с непосредственным приводом. Пружинные приводы тяговых аппаратов. Влияние отклонений характеристик пружин на работу привода. Свойства и конструктивные особенности пневматических приводов различных типов. Тяговые диаграммы включения и выключения индивидуальных пневматических контакторов. Анализ тяговых диаграмм и их зависимостей от параметров аппаратов. Примеры аппаратов с индивидуальным пневматическим приводом: электровозов ВЛ10, ВЛ11, ЧС4, ЧС7, ВЛ85 и др. Электропневматические вентили как элементы управления пневматическими приводами. Типы и характеристики вентиля. Двух-, трёх- и четырёхпозиционные приводы. Примеры аппаратов с такими приводами. Многопозиционные электропневматические приводы, примеры таких приводов. Аппараты кулачкового типа со стыковыми контактами. Кулачковые контакторные элементы включающего, переключающего и выключающего типов. Взаимодействие между контакторным элементом в кулачковой шайбой. Развёртка группового аппарата. Результирующие моменты сопротивления движению и уравнение движения аппарата с групповым приводом. Тяговые аппараты с электромагнитным приводом. Типы электромагнитов тяговых аппаратов и их характеристики. Анализ характеристик электромагнитных приводов и их взаимосвязь с параметрами электромагнитов. Тяговые диаграммы индивидуальных электромагнитных контакторов. Их сравнение с диаграммами для пневматических приводов. Расчёт электромагнитов приводов с применением ЭВМ. Динамика электромагнитного привода при включении и выключении аппарата. Коэффициент запаса и возврата. Особенности электромагнитных приводов переменного тока, быстродействующих приводов и приводов с выдержкой времени. Параметры электромагнитных контакторов ЭПС и их примеры. Тяговые аппараты с двигательным групповым приводом. Принцип работы электродвигательных приводов групповых коммутационных аппаратов. Способы обеспечения точной фиксации позиций. Механизмы прерывистого вращения. Определение необходимых передаточных отношений и мощности двигателя привода. Системы управления электродвигателем привода. Примеры приводов электровозов ВЛ60 и ВЛ80. Принцип работы приводов с пневматическими двигателями. Примеры их выполнения на электровозах ЧС2, ЧС4.
5	Защита электрического оборудования ЭПС Принципы защиты электрооборудования ЭПС. Защита как автоматическое ограничение свободных процессов. Возможности защиты при предупреждении и ограничении неисправностей. Основные требования к аппаратам защиты: чувствительность, быстродействие. Различия в условиях работы аппаратов защиты и оперативной коммутации. Селективность аппаратов защиты. Выдержка времени и её реализация в аппаратах. Аппараты прямой и косвенной защиты. Виды защиты: токовая, потенциальная, максимальная, минимальная, дифференциальная и др. Требования электробезопасности к системам и аппаратам защиты. Быстродействующие автоматические выключатели (БВ), как аппараты прямой максимальной защиты. Характеристики процессов, определяющих работу БВ. Требования к подвижным системам и устройствам дугогашения БВ. Конструкция подвижных систем. Применение разветвленной магнитной системы с подмагничиванием – способ достижения её магнитной безинерционности. Принцип действия и назначение шунтирования размагничивающей катушки.
6	Параметрическое электрооборудование ЭПС Области применения резисторов в тяговом электрооборудовании локомотивов. Типы резисторов и их основные характеристики. Нормализация элементов резисторов. Тепловые процессы в

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	резисторах и их тепловые характеристики. Тепловая мощность резисторов. Резисторы с принудительным охлаждением и резисторные агрегаты. Принципы теплового расчёта резисторов. Примеры серийных конструкций. Нелинейные сопротивления. Резисторы специальных типов. Виды реакторов, применяемых в оборудовании ЭПС. Требования к реакторам, индуктивным шунтам, защитным реакторам; их параметры и характеристики. Принципы расчета реакторов различных назначений. Примеры применяемых конструкций. Типы конденсаторов, применяемых в оборудовании ЭПС; требования к ним. Меры обеспечения электробезопасности конденсаторных установок ЭПС. Конденсаторы компенсаторов реактивной мощности. Условия применения магнитных усилителей (МУ) как элементов тяговых аппаратов. Принцип действия, свойства и характеристики МУ. Расчёт характеристик МУ при смещении, внешней и внутренней обратной связи.
7	Токосъем на ЭПС и аппаратура для его обеспечения Условия работы токоприемников ЭПС и требования к токоприемникам для верхнего и нижнего токосъема. Статические и динамические характеристики токоприемников. Обеспечение стабильности нажатия. Особенности токосъема при высоких скоростях движения. Аэродинамические воздействия на токоприемник. Возникновение автоколебательных процессов и их гашение. Заземляющие устройства силовых цепей ЭПС. Токоприемники для верхнего токосъема. Рамно-шарнирная конструкция токоприемников. Силы и моменты, действующие на рамную систему. Симметричные и асимметричные токоприемники. Конструкции контактных узлов: полозов и верхних шарнирно-пружинных механизмов. Материалы для изготовления контактных деталей и проблемы снижения износа контактного провода. Снижение инерционности токоприемников. Приводы токоприемников и устройства управления ими. Токоприемники для контактного рельса. Особенности контактной сети при нижнем токосъеме. Устройства токоприемников для контактного рельса, их установка на подвижном составе. Параметры в характеристики токоприемников. Проблемы снижения износа контактного рельса и токоприемника
8	Общие сведения об электронных ключах и бездуговой коммутации Условия применения полупроводниковых приборов в качестве элементов тяговых аппаратов. Их использование в качестве коммутационных элементов. Требования электробезопасности к выключению и разъединению электрических цепей. Использование полупроводниковых приборов в цепях управления. Примеры реализации различных решений на основе полупроводниковых элементов. Использование полупроводниковых приборов для коммутации в силовых цепях; бесконтактные выключатели.
9	Силовые диоды. Электронно-дырочный переход и его свойства Электронно-дырочный переход и его свойства. Статические вольт-амперные характеристики диода. Динамические характеристики диодов. Защита силовых диодов. Основные типы силовых диодов
10	Силовые транзисторы. Основные классы силовых транзисторов Силовые транзисторы. Основные классы силовых транзисторов. Статические ВАХ транзисторов. Быстродействие силовых транзисторов. Обеспечение безопасной работы транзисторов
11	Тиристоры. Разновидности тиристорных ключей. Тиристоры. Принцип действия обычного тиристора. Статические ВАХ тиристора. Динамические характеристики. Запираемые тиристоры. Основные типы тиристоров. Защита тиристоров.
12	Модули силовых электронных ключей Модули силовых электронных ключей. Последовательное и параллельное соединение ключевых элементов. Типовые схемы модулей ключей. «Разумные» интегральные схемы.
13	Пассивные компоненты и охладители электронных приборов Пассивные компоненты и охладители силовых электронных приборов. Влияние повышенной частоты и несинусоидальности напряжения на работу трансформаторно-реакторного оборудования. Влияние формы и частоты напряжения на работу конденсатора.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
14	Теплоотвод в силовых электронных приборах Теплоотвод в силовых электронных приборах. Тепловые режимы работы силовых электронных ключей. Охлаждение силовых электронных ключей.
15	Системы управления силовыми электронными аппаратами. Системы управления силовыми электронными аппаратами. Назначение и основные принципы функционирования. Общие сведения о системах управления. Основные принципы управления импульсными системами. Приближенное моделирование регуляторов. Общие сведения о моделировании регуляторов. Пример модели импульсного регулятора.
16	Интегральные микросхемы в системах управления Общие сведения о интегральных микросхемах. Базовые цифровые ИМС. Базовые аналоговые ИМС.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование электропневматического контактора Изучить конструкцию, принцип действия и экспериментальное определение основных технических параметров электропневматических контакторов.
2	Исследование электромагнитного контактора Изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного контактора. Составить эскиз и выполнить измерения конструктивных параметров электромагнитного привода. Провести поверочный расчет электромагнита и сравнить с экспериментальными данными тяговых характеристик электромагнита.
3	Исследование группового контактора Изучить конструкцию, принцип действия и экспериментальное определение основных технических параметров группового электропневматического контактора
4	Исследование контактного сопротивления Экспериментальным путем снять зависимость контактного сопротивления от усилия нажатия контактов. В результате статистической обработки результатов замеров выполнить аппроксимацию полученных характеристик и сравнить с теоретическими зависимостями.
5	Исследование магнитного дугогашения Экспериментально определить величины индукции в различных точках зоны дугогашения при различных токах дуги.
6	Исследование механической характеристики контактора Изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного контактора. Составить эскиз и выполнить расчет механической характеристики контактора. Провести расчет тяговой характеристики электромагнита и сравнить с экспериментальными данными.
7	Исследование быстродействующего выключателя Изучить устройство и конструкцию БВ, вычертить кинематическую схему БВ и схему включения БВ в силовую цепь электровоза. Вычертить магнитную цепь удерживающей катушки. Собрать электрическую цепь и отрегулировать ток уставки БВ равный 1500А.
8	Исследование токоприемника Изучить конструкцию токоприемника. Составить кинематическую схему токоприемника. Проследить взаимодействие деталей и узлов путем подъема и опускания токоприемника с пульта управления. Снять статическую характеристику токоприемника в диапазоне высот от 400 до 1900

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	мм при равномерном и безостановочном опускании или поднятии токоприемника. По результатам опытов построить графики статических характеристик.
9	Исследование характеристик полупроводникового диода 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.
10	Исследование характеристик силовых транзисторов Изучить статические характеристики транзистора при схемах включения с общим эмиттером, общей базой. Определить основные параметры транзисторов. Изучить основные типы транзисторных усилителей, принципы их работы и основные характеристики. Научиться экспериментально определять характеристики усилителей и оценивать по характеристикам показатели работы усилителей.
11	Исследование характеристик тиристоров Изучить принцип действия, параметры и характеристики тиристоров. Научиться применять тиристоры в качестве ключевых элементов, приобрести навыки практического измерения их параметров.
12	Исследование нагрева и охлаждения электронных аппаратов Изучить характеристики и принципы построения систем охлаждения электронных аппаратов.
13	Исследование систем управления электронными аппаратами Изучить характеристики операционного усилителя и основные схемы его включения. Освоить практические приемы построений на базе операционных усилителей систем управления электронными аппаратами.
14	Исследование интеллектуальных силовых модулей Изучить принципы действия цифровых ИМС освоить приемы синтеза простейших комбинационных узлов из типового набора цифровых ИМС. Изучить использование типовых логических элементов для построения систем управления интеллектуальными силовыми модулями.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Подготовка к промежуточной аттестации
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Расчет и проектирование тягового электрического аппарата

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Системы управления электрическим подвижным составом А.В. Плакс Однотомное издание Маршрут , 2005	НТБ (ЭЭ); НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
2	Тяговые электрические аппараты Д.Д. Захарченко Однотомное издание Транспорт , 1991	НТБ (уч.3); НТБ (уч.6); НТБ (фб.); НТБ (чз.1); НТБ (чз.4)
3	Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине "Электрооборудование ЭПС" раздел "Тяговые электрические аппараты" для студентов специальностей "Электропоезда и электропоезда" и "Электропоездостроение" О.С. Назаров, В.Н. Ротанов; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 1992	НТБ (уч.3)
4	Тяговые электрические аппараты В.В. Литовченко, А.И. Чумоватов; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 2003	НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)

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

<http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ

<http://rzd.ru/> - сайт ОАО «РЖД»

<http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека

Поисковые системы: Yandex, Google, Mail

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).

Для проведения лекционных занятий необходима специализированная лекционная аудитория, оборудованная аудиовизуальными средствами обучения.

Для проведения практических занятий и выполнения курсовой работы необходимо иметь

- натурные образцы электрических аппаратов
- натурные образцы электронных аппаратов
- стенды для исследования натурных образцы аппаратов
- учебные плакаты электрооборудования ЭПС
- альбомы чертежей тяговых аппаратов ЭПС

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

Курсовая работа в 7 семестре.

Экзамен в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

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

В.В. Литовченко

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова