МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по специальности
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тяговые аппараты и электрическое оборудование 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: 87617
Подписал: руководитель образовательной программы
Назаров Дмитрий Валерьевич
Дата: 16.11.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины « Тяговые аппараты и электрическое оборудование электроподвижного состава» является:

- получение знаний о принципах работы, теории, конструкции тяговых аппаратов, о современных и перспективных технических решениях в области тягового электрооборудования электрического подвижного состава (ЭПС) для следующих видов деятельности: производственно-технологической; организационно-управленческой; проектно-конструкторской; научно-исследовательской.

Задачами освоения учебной дисциплины « Тяговые аппараты и электрическое оборудование электроподвижного состава» является:

- освоение типовых методов расчета и проектирования элементов и устройств электрического оборудования, разработка и внедрение технологических процессов обслуживания и ремонта тяговых аппаратов, технического контроля и испытания продукции (производственно-технологическая деятельность);

- освоение в области организация эксплуатации и технического обслуживания электрических аппаратов, оценки производственных и непроизводственных затрат или ресурсов на обеспечение качества технического обслуживания, текущего и плановых видов ремонта подвижного состава, менеджмента качества, оценки производственного потенциала предприятия на основе теории надёжности (организационно-управленческая деятельность);

- освоение в области разработки технических требований, технических заданий и технических условий на проекты электрических аппаратов подвижного состава, выполнение расчетов типовых элементов электрооборудования подвижного состава, разработка технологических процессов по организации и обработке результатов испытаний на надёжность с использованием средств автоматизации и информационных технологий (проектно-конструкторская деятельность);

- освоение новых технических решений, поиска и проверки по совершенствованию электрического оборудования 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 (научно-исследовательская деятельность).

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;

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:

условия эксплуатации, теорию работы основных видов тяговых электроаппаратов, их конструкцию и эксплуатационные характеристики

Уметь:

использовать полученные знания в производственно-технологической и организационно-управленческой видах деятельности при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте тягового электрооборудования ЭПС

Владеть:

навыками выбора и расчета параметров тягового электрического оборудования ЭПС, методами технического обслуживания, ремонта и испытаний тягового электрооборудования

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 44 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	Тяговые аппараты (ТА). Назначение, условия работы ТА. 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 ТА. Контакты, изоляция в ТА. 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. Магнитное и газовое дугогашение. Электрическая дуга, ее характеристики и свойства. Определение перенапряжений при обрыве электрической дуги. Расчет мощности потерь в стволе электрической дуги. Определение параметров дугогасительных устройств. Шунтирование дуги резистором определение параметров резистора и его расчет. Дугогашение на постоянном и переменном токе. Расчет элементов дугогасительных устройств (дугогасительные рога, дугогасительные камеры, дугогасительные решетки, дугогасительные катушки). Расчет времени горения дуги. Газовое дугогашение. Анализ процессов размыкания электрических цепей ЭПС и роль дуги, как средства снижения коммутационных перенапряжений. Статические и динамические характеристики дуги. Критическая

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	длина дуги. Виды дугогашения. Естественное гашение дуги. Дугогасительные рога и дугогасительные решётки. Дугогасительные камеры, типы дугогасительных камер и оценка их эффективности. Воздействие магнитного поля на электрическую дугу. Устройства магнитного гашение дуги. Методы расчета и проектирования электромагнитных дугогасительных систем.
4	Приводы ТА. Пневматический, электромагнитный, двигательный. Виды приводов тяговых электроаппаратов. Условия работы приводов тяговых электроаппаратов и требования, предъявляемые к ним. Расчет сил, действующих на привод. Статические характеристики приводов. Расчет сил и моментов, возникающие при работе привода; приведенные масса и моменты инерции подвижной системы. Решение уравнений движения приводов, определение времени включения и выключения аппарата. Свойства и конструктивные особенности электропневматических приводов различных типов. Тяговые диаграммы включения и выключения индивидуальных электропневматических контакторов. Определение основных размеров и проектирование пневматического привода. Типы электромагнитов тяговых аппаратов и их характеристики. Анализ характеристик электромагнитных приводов и их взаимосвязь с параметрами электромагнитов. Тяговые диаграммы индивидуальных электромагнитных контакторов. Расчет тяговой характеристики электромагнитного привода. Особенности электромагнитных приводов переменного тока. Проектирование включающих, выключающих и притирающих пружин. Расчет параметров пневматических приводов. Разработка конструкции и технологии обслуживания пневматических приводов. Электромагнитные вентили пневматических приводов. Электромагнитный привод тяговых аппаратов. Принципы расчета электромагнитного привода. Проектный и поверочный расчет электромагнитного привода. Характеристики электромагнита индивидуального электромагнита. Процессы включения электромагнита на постоянном токе. Определение усилий притяжения электромагнита переменного тока.
5	ТА с двух-, трёх- и многопозиционным групповым приводом. Принцип работы электродвигательных приводов групповых коммутационных аппаратов. Способы обеспечения точной фиксации позиций. Механизмы прерывистого вращения. Групповые коммутационные тяговые аппараты. Коммутационные элементы индивидуальных и групповых аппаратов. Кулачковые контакторные элементы включающего, переключающего и выключающего типов.
6	Аппараты защиты. Принципы построения защиты ЭПС. Аппараты защиты и реле. Принципы защиты электрооборудования ЭПС. Воздушные и вакуумные выключатели. Особенности гашения дуги на переменном токе. Реле защиты от перегрузки. Реле защиты от повышенного и пониженного напряжения. Реле рекуперации. Реле защиты от боксования. Дифференциальные реле.
7	Быстродействующие автоматические выключатели (БВ). 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.
8	Реле, применяемые на ЭПС. Характеристики реле. Электромеханические реле ЭПС. Виды реле. Характеристики реле: быстродействие, чувствительность, коэффициент возврата и другие количественные показатели, оценивающие работу реле. Реле защиты от перегрузки. Реле защиты от повышенного и пониженного напряжения. Реле рекуперации. Реле защиты от боксования. Дифференциальные реле. Расчет электромагнитных реле.
9	Параметрические аппараты. Резисторы, реакторы и конденсаторы. Резисторы, применяемые на ЭПС. Типы резисторов и их основные характеристики. Нагрев пусковых резисторов. Реакторное и конденсаторное оборудование ЭПС. Виды реакторов их параметры и характеристики. Типы конденсаторов, применяемых в оборудовании ЭПС, требования

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	к ним. Конденсаторы компенсаторов реактивной мощности. Фильтровые конденсаторы. Конденсаторы для снабберных цепей.
10	Электронные полупроводниковые как элементы ТА. 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.
11	Токоприемники ЭПС для верхнего и нижнего токосъема. Токоприемники. Токоприемники для верхнего токосъема. Токоприемник пантографного типа. Асимметричный токоприемник. Токоприемники для нижнего токосъема. Принцип и условия работы токоприемников ЭПС. Статические и динамические характеристики токоприемников.
12	Токосъем на высоких скоростях. Автоколебания и их гашение. Особенности токосъема при высоких скоростях движения. Аэродинамические воздействия на токоприемник. Возникновение автоколебательных процессов и их гашение.
13	Вспомогательное электрооборудование ЭПС. АБ. Заряд и разряд АБ. Вспомогательное электрооборудование цепей управления и вспомогательных нужд электрического подвижного состава. Заземляющие устройства силовых цепей ЭПС. Электрооборудование цепей управления и вспомогательных цепей. Аккумуляторные батареи ЭПС.
14	Устройства отопления, освещения и вентиляции ЭПС. Устройства отопления, освещения, сигнализации. Электропечи, калориферы, нагревательные элементы, терморегуляторы. Особенности осветительных устройств ЭПС. Оборудование поездных сигнальных устройств.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование сопротивления коммутационных контактов. Рассматриваемые вопросы: - 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.
2	Исследование распределения индукции в дугогасительной камере. Рассматриваемые вопросы: - экспериментально определить величины индукции в различных точках зоны дугогашения при различных токах дуги.
3	Исследование электропневматического контактора. Рассматриваемые вопросы: - изучить конструкцию, принцип действия и экспериментальное определение основных технических параметров электропневматических контакторов.
4	Исследование электромагнитного контактора. Рассматриваемые вопросы: - изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного контактора; - составить эскиз и выполнить измерения конструктивных параметров электромагнитного привода;

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- провести поверочный расчет электромагнита и сравнить с экспериментальными данными тяговых характеристик электромагнита.
5	Исследование устройств защиты тяговых двигателей в режиме рекуперации. Рассматриваемые вопросы: - изучить и начертить электрическую схему включения БК в силовую цепь электровоза; - изучить устройство быстродействующего контактора: магнитной системы контактора, удерживающей катушки, витков насыщения, главных и вспомогательных отключающих пружин, блокировочных контактов; - снять и построить зависимость тока уставки от величины тока удерживающей катушки.
6	Исследование системы дугогашения БВ. Рассматриваемые вопросы: - изучить систему дугогашения быстродействующего выключателя; - составить эскиз дугогасительной камеры, определить параметры деионных решеток, оценить величину напряжения погасания дуги; - составить эскиз дугогасительной катушки БВ.
7	Исследование токоприемника. Снятие статических характеристик. Рассматриваемые вопросы: - изучить конструкцию 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 мм при равномерном и безостановочном опускании или поднятии токоприемника; - по результатом опытов построить графики статических характеристик.
8	Исследование аппаратов защиты ЭПС постоянного тока. Рассматриваемые вопросы: - 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.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Условия работы электрического оборудования Габаритные ограничения, определение коэффициентов запаса по изменению напряжения, давления сжатого воздуха. Воздействии механических факторов внешней среды в части вибрации и ударных нагрузок, оговоренных группами М25, М26, М27 по ГОСТ 17516.1
2	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.
3	Дуга и дугогашение в тяговых аппаратах. Определение перенапряжений при обрыве электрической дуги. Расчет мощности потерь в стволе электрической дуги. Статические и динамические характеристики дуги. Определение параметров дугогасительных устройств. Шунтирование дуги резистором определение параметров резистора и его расчет. Дугогашение на постоянном и переменном токе. Расчет элементов дугогасительных

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	устройств (дугогасительные рога, дугогасительные камеры, дугогасительные решетки, дугогасительные катушки). Расчет времени горения дуги. Газовое дугогашение.
4	Приводы тяговых аппаратов Расчет сил, действующих на привод. Статические характеристики приводов. Решение уравнений движения приводов, определение времени включения и выключения аппарата. Расчет параметров пневматических приводов. Разработка конструкции и технологии обслуживания пневматических приводов. Электромагнитные вентили пневматических приводов. Электромагнитный привод тяговых аппаратов. Принципы расчета электромагнитного привода. Проектный и поверочный расчет электромагнитного привода. Характеристики электромагнита индивидуального электромагнита. Процессы включения электромагнита на постоянном токе. Определение усилий притяжения электромагнита переменного тока.
5	Аппараты защиты электрооборудования электрического подвижного состава Характеристики аварийных режимов, определение токов аварийной перегрузки. Расчет системы дугогашения быстродействующего выключателя. Быстродействующие контакторы. Изучение схемы защиты электропривода в режиме рекуперативного торможения.
6	Аппараты защиты электрооборудования электрического подвижного состава переменного тока. Воздушные и вакуумные выключатели. Особенности гашения дуги на переменном токе
7	Реле и их характеристики. Реле защиты от перегрузки, повышенного и пониженного напряжения, рекуперации, боксования, дифференциальные реле, реле заземления. Расчет параметров электромагнитных реле.
8	Реакторное и конденсаторное оборудование электрического подвижного состава. Сглаживающие реакторы и фильтровые конденсаторы, конденсаторы для компенсации реактивной мощности. Расчет параметров сетевых фильтров. Обеспечение электромагнитной совместимости ЭПС с инфраструктурой железных дорог Сглаживающие реакторы и фильтровые конденсаторы, конденсаторы для компенсации реактивной мощности. Расчет параметров сетевых фильтров. Обеспечение электромагнитной совместимости ЭПС с инфраструктурой железных дорог

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа с литературой.
2	Подготовка к лабораторным работам.
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" (электропневматического, электромагнитного контактора, либо другого коммутационного аппарата).

Вариативность заданий на курсовое проектирование обеспечивается несколькими параметрами: величиной номинального тока, значением рабочего напряжения, наличием или отсутствием и типом системы дугогашения, типом привода: пневматический или электромагнитный. Количество вариантов может достигать несколько десятков.

Варианты заданий.

1. Номинальные напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 500 А. Вид привода пневматический.

2. Номинальные напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 300 А. Вид привода пневматический.

3. Номинальные напряжение 750 В. Ток в исполнительной цепи 100 А. Вид привода пневматический.

4. Номинальные напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 200 А. Вид привода пневматический.

5 Номинальные напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 75 А. Вид привода пневматический.

6. Номинальные напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 500 А. Вид привода электромагнитный.

7. Номинальные напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 300 А. Вид привода электромагнитный.

8. Номинальные напряжение 750 В. Ток в исполнительной цепи 100 А. Вид привода электромагнитный.

9. Номинальные напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 200 А. Вид привода электромагнитный.

10 Номинальные напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 75 А. Вид привода электромагнитный.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Фролов, В. Я. Силовая полупроводниковая элементная база. Технология производства. Конструктивные решения : учебное пособие для вузов / В. Я. Фролов, А. М. Сурма, К. Н. Васерина, А. А. Черников.	https://e.lanbook.com/book/349994

2	Бирюков, В. В. Тяговый электрический привод : учебник для вузов / В. В. Бирюков, Е. Г. Порсев.	https://urait.ru/bcode/562783

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 тяговых аппаратов
- учебные плакаты электрооборудования ЭПС
- альбомы чертежей тяговых аппаратов ЭПС

9. Форма промежуточной аттестации:

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 ««Тяговый подвижной состав железных дорог» » Института железнодорожного транспорта — В.В. Литовченко

Согласовано:

Директор — О.Н. Покусаев

Руководитель образовательной программы — Д.В. Назаров

Председатель учебно-методической комиссии — Д.В. Паринов