

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)

**Тяговые аппараты и электрическое оборудование высокоскоростного
подвижного состава**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Высокоскоростной наземный транспорт

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: 10.07.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины « Тяговые аппараты и электрическое оборудование высокоскоростного подвижного 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 высокоскоростного подвижного 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 - Имеет навык выполнять обоснование параметров конструкции конструкций и систем подвижного состава высокоскоростного наземного транспорта.

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 4 з.е. (144 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 80 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	Общие сведения о тяговых электрических аппаратах. Условия работы тяговых аппаратов и их виды Основные элементы аппаратов: электромеханические, ферромагнитные, электронные. Классификация и структура коммутационных аппаратов. Требования ГОСТ 9219-88 к тяговым электрическим аппаратам.
2	Контакты тяговых электроаппаратов Основные виды контактов, их характеристики и свойства. Тепловые постоянные контактов, удельные плотности тока: поверхностная, линейная, по нажатию. Предельные токи. Электротермическая и электродинамическая устойчивости контактов. Притирание и провал контактов различных типов. Притирающие устройства. Износ контактных деталей и определение их ресурса.
3	Электрическая изоляция катушек тяговых аппаратов Особенности условий работы изоляционных деталей тяговых аппаратов и требования к ним. Принципы выбора и проверка электрической прочности изоляции. Изоляция, применяемая для обмоток и катушек. Тепловые процессы в катушках. Выводы из катушек и специальные зажимы. Основы расчета и технологии изготовления катушек.
4	Электрическая дуга, принципы дугогашения. Основные свойства и характеристики электрической дуги постоянного тока. Анализ процессов размыкания электрических цепей ЭПС. Статические и динамические вольтамперные характеристики дуги. Процессы, протекающие в дуге переменного и пульсирующего тока. Принципы воздействия на дугу. Виды дугогашения.
5	Приводы тяговых электроаппаратов. Виды приводов тяговых электроаппаратов, условия их работы и требования, предъявляемые к ним. Силы и моменты, возникающие при работе привода; приведенные массы и моменты. Определение времени срабатывания. Непосредственные приводы тяговых аппаратов. Способы фиксации позиций и механические блокировки органов непосредственного управления. Пружинные приводы тяговых аппаратов.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	Свойства и конструктивные особенности пневматических приводов различных типов. Тяговые диаграммы включения и выключения индивидуальных пневматических контакторов. Многопозиционные электропневматические приводы, примеры таких приводов. Тяговые аппараты с электромагнитным приводом. Типы электромагнитов тяговых аппаратов и их характеристики. Тяговые диаграммы индивидуальных электромагнитных контакторов.. Тяговые аппараты с двигательным групповым приводом. Принцип работы электродвигательных приводов групповых коммутационных аппаратов.
6	Аппараты защиты ЭПС и требования к ним Принципы защиты электрооборудования ЭПС. Защита как автоматическое ограничение свободных процессов. Возможности защиты при предупреждении и ограничении неисправностей. Основные требования к аппаратам защиты. Различия в условиях работы аппаратов защиты и оперативной коммутации. 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. Возможности применения полупроводниковых приборов для быстродействующего размыкания цепей и перспективы развития аппаратов защиты от коротких замыканий.
7	Бесконтактные элементы в тяговых аппаратах; условия их работы. Области применения резисторов в тяговом электрооборудовании локомотивов. Типы резисторов и их основные характеристики. Тепловая мощность резисторов. Принципы теплового расчёта резисторов. Виды реакторов, применяемых в оборудовании ЭПС. Требования к реакторам, индуктивным шунтам, защитным реакторам; их параметры и характеристики. 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. Условия применения полупроводниковых приборов в качестве элементов тяговых аппаратов. Их использование в качестве коммутационных элементов.
8	Электромеханические реле ЭПС. Особенности условий работы реле ЭПС. Виды реле. Характеристики реле: быстродействие, чувствительность, коэффициент возврата и другие количественные показатели. Электромагнитные реле, особенности их магнитных систем. Реле с подмагничиванием. Дифференциальные реле и реле, контролирующие несколько входных величин. Реле боксования. Потенциальные и токовые реле. Реле перегрузки, промежуточные, дифференциальные, ускорения, рекуперации различных типов.
9	Токоприёмники; принципы и условия работы токоприемников ЭПС Условия работы токоприемников ЭПС и требования к токоприемникам для верхнего и нижнего токосъема. Особенности токосъема при высоких скоростях движения. Аэродинамические воздействия на токоприемник. Возникновение автоколебательных процессов и их гашение. Токоприемники для верхнего токосъема. Рамно-шарнирная конструкция токоприемников. Симметричные и асимметричные токоприемники.
10	Вспомогательное оборудование ЭПС; аккумуляторные батареи их типы, параметры, характеристики Аппараты цепей управления: контроллеры, кнопочные выключатели и др. Аккумуляторные батареи ЭПС. Их типы, параметры, основные характеристики. Вспомогательное электрооборудование системы заряда и разряда батарей. Устройства отопления, освещения, сигнализации. Электропечи, калориферы, нагревательные элементы, терморегуляторы. Особенности осветительных устройств ЭПС.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
11	Автоматические регуляторы; регуляторы электрических и неэлектрических величин; испытания тяговых аппаратов Автоматические регуляторы. Регуляторы непрерывного и дискретного (импульсного) действия. Импульсные электромеханические регуляторы напряжения, принцип их действия и параметры. Регуляторы на полупроводниковых элементах. Регуляторы неэлектрических величин: давления сжатого воздуха, температур и др.
12	Токоосъем на высоких скоростях. Автоколебания и их гашение. Контактная сеть для высокоскоростных магистралей. Аэродинамические воздействия на токоприемник. Возникновение автоколебательных процессов и их гашение. Токоприемники для верхнего токоосъема. Рамно-шарнирная конструкция токоприемников.
13	Устройства отопления, освещения и вентиляции ЭПС. Электропечи и калориферы. Преобразователь собственных нужд для питания бортовой сети ЭПС. Мотор-вентиляторы для охлаждения тяговых двигателей, электрооборудования. Мотор-насосы, мотор-компрессор. Аккумуляторная батарея, зарядные устройства

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; - 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.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
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 результатам 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	Классификация тяговых аппаратов 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
2	Токоведущие элементы и узлы тяговых аппаратов Термическое действие токов. Нагрев и охлаждение токоведущих деталей. Токоведущие элементы тяговых электроаппаратов. Контакты тяговых электроаппаратов. Переходные сопротивления контактов и их зависимость от материала, размеров, нажатия контактных деталей.
3	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.
4	Электрическая дуга и дугогашение в тяговых аппаратах Определение параметров дугогасительных устройств. Расчет элементов дугогасительных устройств (дугогасительные рога, дугогасительные камеры, дугогасительные решетки, дугогасительные катушки). Расчет времени горения дуги.
5	Приводы тяговых аппаратов Виды приводов тяговых электроаппаратов, условия их работы и требования, предъявляемые к ним. Расчет сил, действующих на привод.
6	Пневматический привод тяговых аппаратов Расчет параметров пневматических приводов. Разработка конструкции и технологии обслуживания пневматических приводов. Решение уравнений движения приводов, определение времени включения и выключения аппарата.
7	Электромагнитный привод тяговых аппаратов Принципы расчета электромагнитного привода. Проектный и проверочный расчет электромагнитного

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	привода. Характеристики электромагнита индивидуального электромагнита. Процессы включения электромагнита на постоянном токе. Определение усилий притяжения электромагнита переменного тока
8	Защита электрического оборудования Характеристики аварийных режимов, определение токов аварийной перегрузки. Аппараты защиты и реле. Принципы защиты электрооборудования ЭПС. Быстродействующие автоматические выключатели (БВ), как аппараты прямой максимальной защиты. Аппараты защиты электрооборудования электрического подвижного состава переменного тока. Воздушные и вакуумные выключатели.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

" Расчет и проектирование тягового электрического аппарата" (электропневматического, электромагнитного контактора, либо другого коммутационного аппарата).

Примерное содержание:

Выбор конструктивной схемы аппарата;

Проектирование токоведущего контура;

Расчет дугогасительного устройства;

Разработка кинематической схемы аппарата;

Механические характеристики аппарата;

Расчет пружин;

Проектирование электромагнитного привода контактора.

Чертеж общего вида аппарата, не менее чем в двух проекциях.

Варианты заданий.

1. Номинальное напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 500 А.
Вид привода пневматический.
2. Номинальное напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 300 А.
Вид привода пневматический.
3. Номинальное напряжение 750 В. Ток в исполнительной цепи 100 А.
Вид привода пневматический.
4. Номинальное напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 200 А.
Вид привода пневматический.
5. Номинальное напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 75 А.
Вид привода пневматический.
6. Номинальное напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 500 А.
Вид привода электромагнитный.
7. Номинальное напряжение 1500 В. Ток в исполнительной цепи 300 А.
Вид привода электромагнитный.
8. Номинальное напряжение 750 В. Ток в исполнительной цепи 100 А.
Вид привода электромагнитный.
9. Номинальное напряжение 3000 В. Ток в исполнительной цепи 200 А.
Вид привода электромагнитный.
10. Номинальное 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	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 "Электровагоны и электропоезда" и "Электровагоностроение"	НТБ (уч.3)

	О.С. Назаров, В.Н. Ротанов; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 1992	
4	Мазнев, А. С. Электрические аппараты и цепи подвижного состава : учебное пособие / А. С. Мазнев, О. И. Шатнев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 278 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. . - ISBN 978-5-16-015014-7. - Текст : электронный	URL: https://znanium.ru/catalog/product/1014641 (дата обращения: 10.07.2025)

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, 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:

Курсовой проект 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

С.В. Володин