

**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: 16.05.2024

## 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	<p>Общие сведения о тяговых электрических аппаратах. Условия работы тяговых аппаратов и их виды</p> <p>Назначение тяговых электрических аппаратов и области их применения. Влияние параметров тяговых аппаратов на технический и эксплуатационный уровень подвижного состава. Безопасность эксплуатации тяговых аппаратов. Значение тяговых электроаппаратов в обеспечении безопасности движения поездов. Перспективы совершенствования тяговых аппаратов. Предмет и задачи курса.</p> <p>Особенности условий работы тяговых электроаппаратов и их отличие от аппаратов общетехнического назначения. Уровни эксплуатационных возмущений и нестабильностей: нагрузок, напряжений, температур, давлений. Влияние динамических электромагнитных и механических процессов. Загрязнение аппаратов.</p> <p>Основные элементы аппаратов: электромеханические, ферромагнитные, электронные; их свойства.</p> <p>Подразделение аппаратов по функциональному принципу. Классификация и структура коммутационных аппаратов. Требования ГОСТ 9219-88 к тяговым электрическим аппаратам.</p>
2	<p>Контакты тяговых электроаппаратов</p> <p>Основные виды контактов: точечные, линейные, поверхностные; их характеристики и свойства.</p> <p>Переходные сопротивления контактов и их зависимость от материала, размеров, нажатия контактных деталей. Тепловые постоянные контактов, удельные плотности тока: поверхностная, линейная, по нажатию. Предельные токи. Электротермическая и электродинамическая устойчивости контактов.</p> <p>Притирание и провал контактов различных типов. Притирающие устройства. Износ контактных деталей и определение их ресурса.</p>
3	<p>Электрическая изоляция катушек тяговых аппаратов</p> <p>Особенности условий работы изоляционных деталей тяговых аппаратов и требования к ним.</p> <p>Принципы выбора и проверка электрической прочности изоляции. Теплостойкость, влагостойкость, дугостойкость и вибростойкость изоляции. Изоляция, применяемая для обмоток и катушек.</p> <p>Назначение и виды катушек тяговых электроаппаратов. Проволочные и шинные катушки. Тепловые процессы в катушках. Выводы из катушек и специальные зажимы. Основы расчета и технологии изготовления катушек.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
4	<p><b>Электрическая дуга, принципы дугогашения.</b></p> <p>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.</p>
5	<p><b>Приводы тяговых электроаппаратов.</b></p> <p>Виды приводов тяговых электроаппаратов, условия их работы в требования, предъявляемые к ним. 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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Электропневматические вентили как элементы управления пневматическими приводами. Типы и характеристики вентиляей.</p> <p>Двух-, трёх- и четырёхпозиционные приводы. Примеры аппаратов с такими приводами.</p> <p>Многопозиционные электропневматические приводы, примеры таких приводов.</p> <p>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.</p> <p>Тяговые аппараты с электромагнитным приводом. Типы электромагнитов тяговых аппаратов и их характеристики. Анализ характеристик электромагнитных приводов и их взаимосвязь с параметрами электромагнитов.</p> <p>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.</p> <p>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. Пример приводы электровозов ВЛ60 и ВЛ80.</p> <p>Принцип работы приводов с пневматическими двигателями. Примеры их выполнения на электровозах ЧС2, ЧС4.</p>
6	<p><b>Аппараты защиты ЭПС и требования к ним</b></p> <p>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</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>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. Возможности применения полупроводниковых приборов для быстродействующего размыкания цепей и перспективы развития аппаратов защиты от коротких замыканий.</p>
7	<p><b>Бесконтактные элементы в тяговых аппаратах; условия их работы.</b></p> <p>Области применения резисторов в тяговом электрооборудовании локомотивов. Типы резисторов и их основные характеристики. Нормализация элементов резисторов. Тепловые процессы в 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.</p> <p>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.</p> <p>Типы конденсаторов, применяемых в оборудовании ЭПС; требования к ним. Меры обеспечения электробезопасности конденсаторных установок ЭПС. Конденсаторы компенсаторов реактивной мощности.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
8	<p><b>Электромеханические реле ЭПС.</b></p> <p>Особенности условий работы реле ЭПС. Виды реле. Характеристики реле: быстродействие, чувствительность, коэффициент возврата и другие количественные показатели, оценивающие работу реле. Электромагнитные реле, особенности их магнитных систем. Реле с подмагничиванием. Дифференциальные реле и реле, контролирующие несколько входных величин. Реле боксования. Электродинамические реле и реле неэлектрических величин. Быстродействующие реле и реле с выдержкой времени. Реле с самовосстановлением и с фиксацией состояний. Потенциальные и токовые реле. Реле перегрузки, промежуточные, дифференциальные, ускорения, рекуперации различных типов.</p>
9	<p><b>Токоприёмники; принципы и условия работы токоприемников ЭПС</b></p> <p>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</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	контактного рельса и токоприемника.
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. Электроды, калориферы, нагревательные элементы, терморегуляторы. Особенности осветительных устройств ЭПС. Оборудование поездных сигнальных устройств
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	Токосъем на высоких скоростях. Автоколебания и их гашение.
13	Устройства отопления, освещения и вентиляции ЭПС.

## 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,

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	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 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.

#### 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).

№	Библиографическое описание	Место доступа
---	----------------------------	---------------

п/п		
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 "Электровозы и электропоезда" и "Электровозостроение" О.С. Назаров, В.Н. Ротанов; МИИТ. Каф. "Электрическая тяга" Однотомное издание МИИТ , 1992	НТБ (уч.3)

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:

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 ЭиЛ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

О.Е. Пудовиков

С.В. Володин