

**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 магистратуры  
по направлению подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Электрооборудование электроподвижного состава**

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Электрический 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: 01.05.2023

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

Целью освоения учебной дисциплины «Электрооборудование электроподвижного состава» является:

- формирование у студентов основ профессиональных знаний в области работы, теории, конструкции электрооборудования электрического подвижного состава (ЭПС), необходимых для специалистов (магистров электромехаников), занимающихся созданием, эксплуатацией и ремонтом электрического транспорта.

Задачей освоения учебной дисциплины «Электрооборудование электроподвижного состава» является:

- формирование логической связи между естественно-научными и специальными дисциплинами.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

**ПК-3** - Способен осуществлять испытания, техническое обслуживание и ремонт основных элементов и устройств электроподвижного состава;

**ПК-4** - Способен проводить экспертизу и разрабатывать проекты узлов и устройств, технологических процессов эксплуатации, технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава.

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

### **Знать:**

условия эксплуатации, теорию работы основных видов электрооборудования электрического подвижного состава, 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 электрооборудования электрического подвижного состава

### **Владеть:**

навыками выбора и расчета параметров 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 6 з.е. (216 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 1
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	54	54
В том числе:		
Занятия лекционного типа	18	18
Занятия семинарского типа	36	36

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 162 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	Назначение электрического оборудования ЭПС 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

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>движения поездов. Перспективы совершенствования тяговых аппаратов. Предмет и задачи курса. 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. Основные элементы аппаратов: электромеханические, ферромагнитные, электронные; их свойства. Подразделение аппаратов по функциональному принципу. Классификация и структура коммутационных аппаратов. Требования ГОСТ 9219-88 к тяговым электрическим аппаратам.</p>
2	<p><b>Токоведущие элементы и узлы электрического оборудования ЭПС</b> Основные виды контактов: точечные, линейные, поверхностные; их характеристики и свойства. 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. Притирание и провал контактов различных типов. Притирающие устройства. Износ контактных деталей и определение их ресурса.</p>
3	<p><b>Электрическая дуга. Магнитное и газовое дугогашение</b> 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>
4	<p><b>Приводы электрического оборудования ЭПС</b> 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. 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: электропоездов ВЛ10, ВЛ11, ЧС4, ЧС7, ВЛ85 и др. Электропневматические вентили как элементы управления пневматическими приводами. Типы и характеристики вентиляей. 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.</p>
5	<p><b>Электрическое оборудование с групповым приводом</b> 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</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>элементом в кулачковой шайбой. Развёртка группового аппарата. Результирующие моменты сопротивления движению и уравнение движения аппарата с групповым приводом.</p> <p>Тяговые аппараты с двигательным групповым приводом. Принцип работы электродвигательных приводов групповых коммутационных аппаратов. Способы обеспечения точной фиксации позиций.</p> <p>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. Принципы построения защиты ЭПС</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 электробезопасности к системам и аппаратам защиты.</p>
7	<p><b>Быстродействующие автоматические выключатели (БВ)</b></p> <p>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 безынерционности.</p> <p>Принцип действия и назначение шунтирования размагничивающей катушки. Возможности применения полупроводниковых приборов для быстродействующего размыкания цепей и перспективы развития аппаратов защиты от коротких замыканий.</p>
8	<p><b>Реле, применяемые на ЭПС. Характеристики реле</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, контролирующее 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>Параметрическое электрооборудование. Резисторы, реакторы</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>
10	<p><b>Конденсаторы, применяемые в электрооборудовании ЭПС</b></p> <p>Типы конденсаторов, применяемых в оборудовании ЭПС; требования к ним. Меры обеспечения электробезопасности конденсаторных установок ЭПС. Конденсаторы компенсаторов реактивной мощности. Фильтровые конденсаторы, снабберные конденсаторы.</p>
11	<p><b>Токоприемники ЭПС для верхнего и нижнего токосъема</b></p> <p>Условия работы токоприемников ЭПС и требования к токоприемникам для верхнего и нижнего токосъема. Статические и динамические характеристики токоприемников. Обеспечение стабильности нажатия. Заземляющие устройства силовых цепей ЭПС. Токоприемники для верхнего токосъема.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	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
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 Аппараты цепей управления: контроллеры, кнопочные выключатели и др. Аккумуляторные батареи ЭПС. Их типы, параметры, основные характеристики. Вспомогательное электрооборудование системы заряда и разряда батарей.
14	Устройства отопления, освещения и вентиляции ЭПС Устройства отопления, освещения, сигнализации. Электропечи, калориферы, нагревательные элементы, терморегуляторы

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование сопротивления коммутационных контактов 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 Экспериментально определить величины индукции в различных точках зоны дугогашения при различных токах дуги.
3	Исследование электропневматического привода контактора Изучить конструкцию, принцип действия и экспериментальное определение основных технических параметров электропневматических контакторов.
4	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.
5	Исследование дифференциальной защиты ЭПС Изучить и начертить электрическую схему включения дифференциального реле в силовую цепь электровоза. Изучить устройство быстродействующего выключателя: магнитной системы, удерживающей катушки, витков размагничивания, отключающих пружин, блокировочных контактов. Снять и построить зависимость тока уставки от величины тока удерживающей катушки.
6	Исследование системы дугогашения БВ Изучить систему дугогашения быстродействующего выключателя. Составить эскиз дугогасительной камеры, определить параметры деионных решеток, оценить величину напряжения погасания дуги. Составить эскиз дугогасительной катушки БВ.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
7	Исследование токоприемника. Снятие статических характеристик 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 мм при равномерном и безостановочном опускании или поднятии токоприемника. По результатам опытов построить графики статических характеристик.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Самостоятельное изучение тем дисциплины 1 Условия работы электрического оборудования. 2 Токоведущие элементы, нагревание и охлаждение. 3 Электрическая дуга и дугогашение. 4 Приводы электрического оборудования ЭПС. 5 Принципы построения защиты ЭПС. Аппараты защиты. 6 Быстродействующие автоматические и главные выключатели. 7 Электрические реле, применяемые на ЭПС. Характеристики реле. 8 Резисторы, реакторы и конденсаторное электрооборудование ЭПС. 9 Токосъем и токоприемники ЭПС для верхнего и нижнего токосъема. 10 Вспомогательное электрооборудование ЭПС. АБ. Заряд и разряд АБ. 11 Устройства отопления, освещения и вентиляции ЭПС.
2	Подготовка к промежуточной аттестации.
3	Подготовка к текущему контролю.

#### 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	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)
4	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	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 Mathca

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:

Зачет в 3 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

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин