

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 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 РУТ (МИИТ)
ID подписи: 2017
Подписал: заместитель руководителя Ефимова Ольга
Владимировна
Дата: 20.06.2024

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	<p>Тяговые аппараты (ТА). Назначение, условия работы ТА.</p> <p>Тяговые электрические аппараты, их классификация. Условия работы электрического оборудования. Габаритные ограничения, определение коэффициентов запаса по изменению напряжения, давления сжатого воздуха.</p> <p>Воздействие механических факторов внешней среды в части вибрации и ударных нагрузок, оговоренных группами М25, М26, М27 по ГОСТ 17516.1</p> <p>Уровни эксплуатационных возмущений и нестабильностей: нагрузок, напряжений, температур, давлений.</p>
2	<p>Токоведущие элементы и узлы ТА. Контакты, изоляция в ТА.</p> <p>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.</p>
3	<p>Электрическая дуга. Магнитное и газовое дугогашение.</p> <p>Электрическая дуга, ее характеристики и свойства. Определение перенапряжений при обрыве электрической дуги. Расчет мощности потерь в створе 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 длина дуги.</p> <p>Виды дугогашения. Естественное гашение дуги. Дугогасительные рога и дугогасительные решетки. Дугогасительные камеры, типы дугогасительных камер и оценка их эффективности. Воздействие</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	магнитного поля на электрическую дугу. Устройства магнитного гашения дуги. Методы расчета и проектирования электромагнитных дугогасительных систем.
4	<p>Приводы ТА. Пневматический, электромагнитный, двигательный.</p> <p>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.</p>
5	<p>ТА с двух-, трёх- и многопозиционным групповым приводом.</p> <p>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.</p>
6	<p>Аппараты защиты. Принципы построения защиты ЭПС.</p> <p>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.</p>
7	<p>Быстродействующие автоматические выключатели (БВ).</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 безинерционности. Принцип действия и назначение шунтирования размагничивающей катушки.</p>
8	<p>Реле, применяемые на ЭПС. Характеристики реле.</p> <p>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.</p>
9	<p>Параметрические аппараты. Резисторы, реакторы и конденсаторы.</p> <p>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 к ним. Конденсаторы компенсаторов реактивной мощности. Фильтровые конденсаторы. Конденсаторы для снабберных цепей.</p>
10	Электронные полупроводниковые как элементы ТА.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	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. Электроды, 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; - провести поверочный расчет электромагнита и сравнить с экспериментальными данными тяговых характеристик электромагнита.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
5	<p>Исследование устройств защиты тяговых двигателей в режиме рекуперации.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Исследование системы дугогашения БВ.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучить систему дугогашения быстродействующего выключателя; - составить эскиз дугогасительной камеры, определить параметры деионных решеток, оценить величину напряжения погасания дуги; - составить эскиз дугогасительной катушки БВ.
7	<p>Исследование токоприемника. Снятие статических характеристик.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Исследование аппаратов защиты ЭПС постоянного тока.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Условия работы электрического оборудования</p> <p>Габаритные ограничения, определение коэффициентов запаса по изменению напряжения, давления сжатого воздуха. Воздействию механических факторов внешней среды в части вибрации и ударных нагрузок, оговоренных группами М25, М26, М27 по ГОСТ 17516.1</p>
2	<p>Токоведущие элементы тяговых аппаратов, нагревание и охлаждение токоведущих деталей.</p> <p>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.</p>
3	<p>Дуга и дугогашение в тяговых аппаратах.</p> <p>Определение перенапряжений при обрыве электрической дуги. Расчет мощности потерь в створе 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 устройств (дугогасительные рога, дугогасительные камеры, дугогасительные решетки, дугогасительные катушки). Расчет времени горения дуги. Газовое дугогашение.</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
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 проверочный 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. 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"	НТБ (уч.3)

	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	
--	---	--

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
«Электропоезда и локомотивы»

В.В. Литовченко

Согласовано:

Директор

О.Н. Покусаев

Заместитель руководителя

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов