МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

13/6/1

Одобрено кафедрой
«Тяговый подвижной
состав»

Утверждено
деканом факультета
«Транспортные средства»

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ЛОКОМОТИВОВ

Рабочая программа
для студентов V курса
специальности
190301 ЛОКОМОТИВЫ (Т)

РОАТ

Москва – 2010

С о с т а в и т е л ь — д-р техн. наук, проф.
А.С. Космодамианский

Р е ц е н з е н т — д-р техн. наук, проф. В.П. Смирнов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ЛОКОМОТИВОВ

Рабочая программа

Редактор *В.К. Тихонычева*
Корректура *Г.В. Тимченко*
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

Тип. зак. Изд. зак. 209 Тираж 300 экз.
Подписано в печать 08.10.10 Гарнитура NewtonC Ризография
Усл. печ. л. 0,75 Формат $60\times90_{1/16}$

Редакционный отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© Московский государственный университет путей сообщения, 2010

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины «Электрические передачи локомотивов» заключается в том, чтобы ознакомить будущих специалистов с принципами построения и действия, управления электрическими передачами локомотивов, характеристиками электрических передач и их элементов; тяговых электрических машин, преобразователей электрической энергии; с основами расчета и испытания электрических передач и их элементов и определения их технико-экономических показателей.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучив дисциплину, студент должен:

2.1. Знать и уметь использовать:

— принципы построения и действия электрических передач локомотивов, а также других видов передач;

— основы выбора и расчета характеристик и параметров электрических передач и их элементов;

— устройство и технико-экономические показатели передач локомотивов, основы испытаний и настройки;

2.2. Владеть методами:

— расчета электрических передач локомотивов;

— конструирования электрических передач локомотивов;

— испытаний электрических передач локомотивов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	181
Аудиторные занятия:	
лекции	12
лабораторные работы	8
Курсовой проект	1
Самостоятельная работа	106
Вид итогового контроля	Экзамен

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Раздел дисциплины	Лекции
Предмет и содержание дисциплины. Назначение передач и требования, предъявляемые к ним. Основные характеристики передач. Области применения различных типов передач. Принципы построения и основные характеристики электрических передач: постоянного, переменно-постоянного и переменного тока	2
Общие сведения об электрических машинах, применяемых в электрических передачах локомотивов. Назначение, конструкция, их основные параметры и характеристики. Тяговые генераторы и тяговые электродвигатели постоянного тока. Тяговые синхронные генераторы. Возбудители постоянного и переменного тока. Асинхронные тяговые двигатели. Вентильные тяговые двигатели	2
Классификация систем регулирования напряжения тяговых генераторов локомотивов. Регулирование напряжения тяговых генераторов при использовании генераторов-возбудителей с расщепленными полюсами. Регулирование напряжения тяговых генераторов при использовании генератора возбудителя, магнитного усилителя (амплистата возбуждения) и селективного узла. Регулирование напряжения тяговых генераторов при использовании синхронного генератора-возбудителя и тиристорного регулятора напряжения	3
Управление тяговыми электродвигателями постоянного тока. Управление тяговыми электродвигателями изменением питающего напряжения (изменением схемы подключения тяговых электродвигателей к тяговому генератору). Управление тяговыми электродвигателями изменением магнитного потока возбуждения. Управление асинхронными тяговыми электродвигателями	3
Испытания тяговых электрических машин. Определение электрических и неэлектрических величин при испытаниях тяговых электрических машин. Испытания тяговых электрических машин на нагревание	1
Электрическое торможение локомотивов. Особенности применения электрического торможения на тепловозах. Принципиальные электрические схемы силовых цепей в тяговом и тормозном режимах. Ограничения, накладываемые на области работы электрического тормоза	1

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Содержание и задачи изучения дисциплины. История развития передач локомотивов. Вклад российских и зарубежных инженеров, конструкторов и исследователей в развитие передач локомотивов.

Раздел 2. Основные виды передач локомотивов. Характеристики и параметры передач локомотивов. Требования, предъявляемые к передачам. Виды и свойства передач. Характеристики электрических (переменного, переменно-постоянного и постоянного тока), а также механических, гидромеханических и гидравлических передач. Предпосылки выбора передачи. Области применения передач различных видов. Выбор передачи для тепловозов с учетом характеристик и параметров дизеля, рода службы, значений скорости движения и силы тяги продолжительного режима, конструкционной скорости. Передачи зарубежных локомотивов.

Раздел 3. Принципы управления и определение основных параметров передач локомотивов. Управление электрическими (переменного, переменно-постоянного и постоянного тока) передачами локомотивов. Управление механическими, гидромеханическими, гидродинамическими, гидростатическими передачами. Выбор и расчет основных параметров электрических передач локомотивов: электрической и касательной мощности, коэффициентов регулирования передачи, тягового генератора, тяговых электродвигателей, степени использования тяговых электрических машин, их основных размеров (диаметра и длины якоря и др.). Выбор схемы соединения тягового генератора и тяговых электродвигателей. Выбор схемы соединения тягового синхронного генератора, тяговой выпрямительной установки и тяговых электродвигателей. Выбор схемы соединения тягового синхронного генератора, тягового преобразователя частоты и тяговых асинхронных двигателей. Зависимость производительности локомотива от вида передачи. Методы и средства испытаний и настройки передач.

Раздел 4. Характеристики и регулирование напряжения тяговых генераторов. Характеристики генераторов, их схем ре-

гулирования и требования, предъявляемые к ним. Построение регулировочной характеристики. Способы реализации требуемых характеристик тяговых генераторов постоянного и переменного тока. Характеристики и регулирование напряжения тягового трехобмоточного генератора постоянного тока. Характеристики генератора и регулирование его напряжения при использовании генератора-возбудителя с продольно-расщепленными полюсами. Характеристики и регулирование генератора при использовании генератора-возбудителя с поперечно-расщепленными полюсами. Особенности испытаний и настройки систем регулирования напряжения тяговых генераторов, содержащих генераторы-возбудители с расщепленными полюсами. Характеристики тяговых генераторов постоянного тока и регулирование их напряжения при использовании магнитных усилителей и селективного узла. Особенности испытаний и настройки систем регулирования напряжения генератора, содержащих магнитные усилители и селективный узел. Характеристики и регулирование напряжения тяговых генераторов переменного тока. Технико-экономические показатели, особенности испытаний и настройки систем регулирования напряжения генератора переменного тока, содержащих магнитные усилители, селективный узел, синхронный возбудитель и управляемый выпрямитель возбуждения. Микропроцессорные системы регулирования напряжения тягового генератора. Особенности совместной работы высокофорсированного дизеля и электрической передачи. Особенности работы газотурбинного двигателя и передачи. Совместная работа дизеля с тяговым генератором. Устойчивость работы дизель-генератора. Влияние внешней характеристики тягового генератора на работу дизеля. Возможные режимы работы дизель-генератора, их определение и расчет вероятностных экономических характеристик. Основные принципы управления дизель-генератором тепловоза и сигналы, используемые для этого. Взаимодействие друг с другом основных регулирующих сигналов.

Раздел 5. Характеристики и управление тяговыми электродвигателями. Требования, предъявляемые к механическим и электромеханическим характеристикам тяговых электродвига-

телей. Методика расчета и построения электромеханических характеристик тяговых электродвигателей с использованием универсальных и нагрузочных характеристик. Управление электродвигателем постоянного тока изменением напряжения. Переключение тяговых электродвигателей. Способы перехода с одного соединения на другое. Изменение параметров тяговых электродвигателей и тягового генератора при переключениях. Специфические требования к действию систем переключения. Переключение тяговых электродвигателей на электровозах. Импульсное управление тяговыми электродвигателями. Управление электродвигателями изменением магнитного потока. Ступенчатое и плавное изменение магнитного потока. Переходные процессы в системе тяговый генератор — тяговые электродвигатели при ослаблении магнитного потока. «Регулировочные» характеристики тяговых электродвигателей. Склонность к боксованию в зависимости от метода управления тяговыми электродвигателями. Особенности систем ослабления магнитного потока на электровозах. Сравнение тяговых характеристик тепловозов и электровозов. Расчет и построение электромеханических характеристик электродвигателя, отнесенных к ободу движущих колес. Бесколлекторные тяговые двигатели; асинхронные, вентильные, синхронные двигатели, синхронные двигатели индукторного типа. Характеристики асинхронных тяговых двигателей. Основные законы частотного управления асинхронными тяговыми двигателями. Механические и универсальные характеристики асинхронного тягового двигателя. Микропроцессорные системы управления тяговыми двигателями. Потери, КПД и коэффициент мощности асинхронного двигателя. Расчет тяговой характеристики асинхронного двигателя. Расчет тяговых характеристик тепловозов с тяговыми двигателями постоянного тока и асинхронными тяговыми двигателями. Методы и средства для испытаний тяговых двигателей постоянного и переменного тока. Тяговые зубчатые передачи тепловозов и электровозов. Определение и расчет основных размеров передачи. Основы теплового расчета тяговых электрических машин.

Раздел 6. Тяговые статические преобразователи электрической энергии.

Требования к характеристикам тяговых преобразователей тепловозов. Тяговые преобразователи тока. Понятие о преобразователях тока, их назначении, типах, мощности. Полупроводниковые приборы для преобразователей. Выпрямители переменного тока, их типы, характеристики и параметры. Выбор и расчет систем выпрямления. КПД преобразователей, их охлаждение. Управляемые выпрямители, режимы их работы и системы управления, использование их в электрических передачах. Инверторы, классификация, виды, принципы действия, использование на локомотивах. Схемы и конструкция преобразователей, применяемых на отечественных локомотивах. Проблемы развития преобразователей для локомотивов. Методы и средства испытаний локомотивных преобразователей.

Раздел 7. Электрическое торможение. Физическая сущность, техническое осуществление, экономика. Использование полученной энергии торможения. Целесообразность применения электрического торможения локомотивов. Особенности применения электрического торможения на тепловозах. Способы регулирования тормозной силы тепловозов. Характеристики и управление тяговыми двигателями постоянного тока и асинхронными в тормозном режиме. Тормозные характеристики тягового двигателя при электрическом торможении и их ограничения. Расчет сопротивлений тормозных резисторов. Принципы построения и принципиальные схемы систем управления тяговыми электрическими машинами при электрическом торможении тепловозов. Методы и средства испытаний и настройки систем электрического торможения тепловозов.

Раздел 8. Конструкции тяговых генераторов. Особенности конструкции тяговых генераторов постоянного и переменного тока. Конструкции тяговых генераторов переменного тока. Конструкция якорей, роторов и статоров генераторов. Обмотка якоря и статора, их характеристики и параметры. Изоляционные материалы, применяемые при изготовлении обмоток. Конструкция и особенности работы узлов токосъема. Особенности коммутации тяговых генераторов. Конструкция тяговых агре-

гатов. Системы охлаждения тяговых генераторов и агрегатов. Методы испытаний тяговых генераторов.

Раздел 9. Конструкции тяговых двигателей. Конструкция тяговых двигателей постоянного и переменного тока. Принципы конструктивного подобия. Тяговые асинхронные двигатели. Обеспечение требований безопасности движения поездов в конструкции тяговых двигателей. Конструкция остова, якорей и роторов. Обмотки якорей двигателей постоянного тока и статоров асинхронных двигателей. Работа и конструкция коллекторов и узлов токосъема тяговых двигателей. Особенности коммутации тяговых двигателей. Способы установки, крепления и регулировки щеткодержателей. Работа валов и подшипников. Системы охлаждения тяговых двигателей. Влияние перегрева тяговых двигателей на их надежность. Испытания двигателей.

Раздел 10. Конструкция вспомогательных электрических машин. Конструкция генераторов-возбудителей с расщепленными полюсами. Конструкция генераторов-возбудителей постоянного и переменного тока. Конструкция кислотных и щелочных аккумуляторных батарей, их характеристики и параметры.

Раздел 11. Основы расчета тяговых электрических машин. Основные положения. Определение мощности генераторов и двигателей постоянного и переменного тока. Машинная постоянная. Взаимосвязь основных параметров машин. Расчет обмоток якоря, коллектора и щеток. Расчет магнитных цепей машин. Построение характеристик холостого хода. Электродвижущая сила машины. Нагрузочные характеристики тяговых электрических машин. Потери мощности в машинах. КПД тяговых электрических машин.

Раздел 12. Технико-экономические показатели тяговых электрических машин, преобразователей и передач. Весогабаритные показатели, мощность тяговых электрических машин, агрегатов, преобразователей и передач. Эффективность использования меди, электротехнической стали, изоляционных материалов в тяговых электрических машинах. Потери и КПД тяговых машин и преобразователей с учетом использования современных видов изоляции и полупроводниковых приборов. Показатели надежности машин, агрегатов, преобразователей и передач.

4.3. Лабораторный практикум

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
5, 9	Испытания тяговых электродвигателей постоянного или переменного тока на нагревание
5, 8	Снятие характеристик холостого хода и нагрузочных характеристик тяговых генераторов постоянного или переменного тока при постоянной мощности генератора
5	Исследование тягового электродвигателя постоянного тока под нагрузкой, снятие электромеханических характеристик. Определение тяговой характеристики локомотива
5, 6, 8	Исследование системы инвертор — тяговый асинхронный двигатель. Снятие характеристик при работе двигателя в тяговом режиме
4, 7	Исследование электрической передачи тепловоза (или ее модели). Снятие характеристик при работе передачи в тяговом или тормозном режиме

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В курсовом проекте по дисциплине рассчитывают электрическую передачу переменно-постоянного тока. Определяют основные параметры электрической передачи. Рассчитывают и выполняют построение требуемой характеристики «ток — напряжение» тяговой выпрямительной установки и тяговой характеристики тепловоза. Разрабатывают принципиальную силовую электрическую схему передачи. Рассчитывают основные размеры и параметры тягового электродвигателя. Рассчитывают и выполняют построение электромеханических характеристик тягового электродвигателя. Выбирают схему регулирования напряжения тягового генератора. Выбирают схему электрического тормоза. Рассчитывают сопротивления тормозных резисторов. Рассчитывают и выполняют построение тормозных характеристик и их ограничений. В графической части выполняют чертеж

принципиальной силовой схемы электрической передачи переменно-постоянного тока, принципиальной схемы регулирования напряжения тягового синхронного генератора, принципиальной схемы электрической передачи переменно-постоянного тока в режиме электрического торможения.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. Стрекопытов В.В., Грищенко А.В., Кручек В.А. Электрические передачи локомотивов. Учеб. для вузов ж.-д. тр-та. — М.: Маршрут, 2003. — 310 с.

2. Электрические передачи локомотивов и тяговые статические преобразователи: Уч. пос. / А.С. Космодамианский, Н.М. Луков, О.Н. Ромашкова, В.И. Воробьев, С.В. Комков, А.А. Пугачев, А.Д. Хохлов. — М.: МИИТ, 2009. — 138 с.

3. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов: Уч. пос. / А.В. Грищенко, В.В. Грачев, С.И. Ким, Ю.И. Клименко и др.; Под ред. А.В. Грищенко. — М.: Маршрут, 2004. — 172 с.

4. Луков Н.М., Стрекопытов В.В., Рудая К.И. Передачи мощности тепловозов. — М.: Транспорт, 1987. — 280 с.

Дополнительная

5. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями / Н.А. Ротанов, А.С. Курбасов, Ю.Г. Быков, В.В. Литовченко; Под ред. Н.А. Ротанова. — М.: Транспорт, 1991. — 336 с.

6. Степанов А.Д., Андерс В.И., Пречисский В.А., Гусевский Ю.Н. Электрические передачи переменного тока тепловозов и газотурбовозов / Под ред. А.Д. Степанова. — М.: Транспорт, 1982. — 254 с.

7. Луков Н.М. Автоматизация тепловозов, газотурбовозов и дизель-поездов. — М.: Машиностроение, 1988. — 272 с.