

**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)**

**Электрическое оборудование и автоматизация тепловозов**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Локомотивы

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: 01.06.2024

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

Целями освоения учебной дисциплины «Электрическое оборудование и автоматизация локомотивов» являются изучение студентами методов разработки, эксплуатации и обслуживания электрического оборудования, электрических схем современных и перспективных магистральных, маневровых и промышленных локомотивов с электрической передачей. Основной целью изучения учебной дисциплины «Электрическое оборудование локомотивов» является формирование у обучающегося компетенций в области работы, ремонта и обслуживания тягового и вспомогательного электрооборудования локомотивов, необходимых при эксплуатации, техническом обслуживании, проектировании, производстве, испытаниях, модернизации автономного тягового подвижного состава, а также при разработке средств и путей повышения эксплуатационных и ремонтных характеристик (экономичности, надёжности, долговечности) тягового подвижного состава для следующих видов деятельности:

производственно-технологической;

организационно-управленческой;

проектно-конструкторской;

научно-исследовательской.

Дисциплина предназначена для получения знаний для решения следующих профессиональных задач (в соответствии с видами деятельности):

производственно-технологическая: - использование типовых методов расчёта электрооборудования подвижного состава; анализа взаимодействия тягового и вспомогательного оборудования; определение неисправностей электрооборудования; технического контроля и испытаний;

организационно-управленческая деятельность: - оценка производственных и непроизводственных затрат или ресурсов на нормальную эксплуатацию; текущее техническое обслуживание электрооборудования; менеджмент управления техническим обслуживанием электрооборудования; требования к материально-техническому обеспечению предприятия для решения производственных задач;

проектно-конструкторская деятельность: - разработка технических требований; технических заданий и технических условий на проекты модернизации электрооборудования подвижного состава или его электрических схем; организация и обработка результатов испытаний электрооборудования и электрических схем локомотивов с использованием средств автоматизации и информационных технологий;

научно-исследовательская деятельность: - выполнение научных

исследований в области эксплуатации и производства электрооборудования и электрических схем локомотивов; моделирование режимов работы тягового и вспомогательного электрооборудования в процессе эксплуатации для прогнозирования его работоспособности и обеспечения требуемых тяговых характеристик; поиск и проверка новых технических решений по совершенствованию конструкции и эксплуатационных характеристик электрооборудования локомотивов; разработки планов, программ и методик проведения исследований работы электрооборудования и электрических схем, анализ их результатов.

## 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 тягового подвижного состава.

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

### **Знать:**

особенности применения математического анализа в инженерных расчётах; - основные теоремы и положения математической статистики; особенности дискретных моделей; назначение автоматизации работы электрооборудования локомотивов; - структуру систем управления локомотивов; - структуру систем управления тяговым и вспомогательным электрооборудованием локомотивов

### **Уметь:**

использовать методы математического анализа при описании физических процессов в электрических машинах, преобразовательных системах и электрических схемах; использовать статистические модели, законы распределения случайных величин; использовать дискретные модели для анализ

### **Уметь:**

анализировать работу систем управления электроприводом локомотива; рассчитывать режимы работы тягового электрооборудования и преобразовательных систем в условиях эксплуатации; определять основные неисправности тягового и вспомогательного электрооборудования; определять неисправности исполнительных схем цепей управления;

применять методы моделирования и расчета режимов работы тягового электрооборудования и преобразовательных систем.

**Владеть:**

методами получения законов распределения случайных величин и их числовых характеристик; оценкой согласованности моделей работы тягового и вспомогательного электрооборудования локомотивов; методами настройки систем регулирования напряжения тягового синхронного генератора и вспомогательного генератора тепловоза; методами проведения технического обслуживания электрооборудования локомотивов; методами выявления неисправностей и определения объема работы по ремонту электрооборудования локомотивов;

**Владеть:**

методами оценки единичных и системных отказов тягового и вспомогательного электрооборудования; методами анализа неисправностей алгоритмов работы цепей управления локомотивов; методами планирования и проведения испытаний тягового и вспомогательного электрооборудования и преобразовательных систем; навыками чтения и разработки электрических схем автономных локомотивов;

**Владеть:**

навыками определения неисправностей в электрических схемах и настройки элементов электрического оборудования автономных локомотивов - навыками настройки электрических схем.

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	
		№8	№9
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	112	48	64
В том числе:			
Занятия лекционного типа	48	16	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 104 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>Энергетические и вспомогательные системы тепловозов с тяговым приводом постоянного тока. Условия эксплуатации и требования, предъявляемые к электрооборудованию. Источники и потребители электроэнергии на тепловозе</p> <p>Изучение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Энергетические и вспомогательные системы тепловозов с тяговым приводом постоянного тока</li> <li>-Условия эксплуатации и требования, предъявляемые к электрооборудованию.</li> <li>-Источники и потребители электроэнергии на тепловозе</li> </ul>
2	<p>Выпрямительные системы Сравнительный анализ схем выпрямления. Внешние характеристики выпрямителей. Выпрямительная установка и режимы ее работы с учетом индуктивности цепей. Расчет параметров выпрямительной установки и ее к.п.д</p> <p>Однофазные выпрямители</p> <p>Трехфазная мостовая схема выпрямления</p> <p>Гармонический состав выпрямленного напряжения оборудования</p> <p>Характеристика аварийных режимов электрооборудования</p> <p>Работа тепловоза в тяговом режиме Энергетическая цепь тепловоза в тяговом режиме. Цепи управления в тяговом режиме</p> <p>Замыкание силовой цепи на «землю» в энергетических цепях тепловозов</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Внутренние короткие замыкания в силовых цепях тепловоза Силовая система управления возбуждением генератора</p> <p>Регулировочная характеристика тягового генератора тепловоза Работа тепловоза в режиме электрического (реостатного) торможения Энергетическая цепь тепловоза в тормозном режиме. Цепи управления в тормозном режиме.</p> <p>Работа блоков системы регулирования в тормозном режиме Настройка системы регулирования напряжения в тормозном режиме</p>
3	<p>Электрооборудование перспективного подвижного состава Энергетическая цепь передачи переменного тока. Понятие об инверторе. Системы управления асинхронными тяговыми двигателями. Микропроцессорная система управления и регулирования локомотива</p> <p>Инвертор как преобразователь частоты напряжения</p> <p>Микропроцессорная система управления тепловоза с поосным регулирования силы тяги</p>

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Исследование характеристик однофазного выпрямителя Исследование характеристик однофазного выпрямителя в приложении Simulink пакета Matlab</p>
2	<p>Исследование характеристик однофазного управляемого и трехфазного мостов Исследование характеристик однофазного управляемого и трехфазного мостов в приложении Simulink пакета Matlab</p>
3	<p>Исследование характеристик однофазного и трехфазного инверторов в приложении Simulink пакета Matlab</p> <p>Исследование работы однофазного инвертора напряжения на активно-индуктивную нагрузку</p>

##### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Цепи пуска дизеля</p> <p>Если тепловоз имеет двухсекционное исполнение, то пуск дизеля каждой секции осуществляется отдельно; при этом на время пуска каждого дизеля аккумуляторные батареи АБ обеих секций соединяются параллельно (рис. 8.26). В результате увеличивается ток стартер-генератора и создаваемый им момент, что облегчает процесс пуска дизеля и снижает разряд аккумуляторных батарей на пусковых режимах.</p> <p>Процесс пуска дизеля состоит из нескольких последовательных операций: включение вспомогательных насосов (топливоподкачивающего и маслопрокачивающего); включение силовой схемы пуска; выключение силовой схемы пуска.</p> <p>1. Включение вспомогательных насосов дизеля Для подготовки цепей пуска дизеля необходимо: включить разъединитель (рубильник) аккумуляторной батареи ВБ; на высоковольтной камере включить автоматические выключатели «Топливный насос» и «Дизель» ;</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>на пульте повернуть до упора рукоятку блокировки крана машиниста БУ (замкнется контакт БУ); на пульте установить рукоятку реверсора РР в одно из рабочих положений («Вперед» или «Назад») и включить автоматический выключатель «Управление общее»;</p> <p>на пульте включить тумблер «Насос топливный»; при этом от общего плюса «+» через нормально замкнутые контакты регулятора напряжения КРН получает питание контактор топливopодкачивающего насоса КТН (регулятор напряжения выключен пока дизель не вышел на пусковую частоту вращения).</p> <p>Контактор КТН:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- главным контактом включает электродвигатель топливного насоса ТН, который начнет подачу топлива к топливным насосам дизеля;</li> <li>- вспомогательным контактом подготавливает цепь питания контактора маслопрокачивающего насоса КМН;</li> <li>- вспомогательным контактом подготавливает цепь питания пускового контактора ДЗ.</li> </ul> <p>Включение системы пуска дизеля осуществляется кратковременным нажатием кнопки «Пуск дизеля», в результате чего включатся контактор маслопрокачивающего насоса КМН. Контактор КМН:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- главным контактом собирает цепь питания электродвигателя маслопрокачивающего насоса МН, который начинает прокачивать маслом системы дизеля; когда давление масла в системах дизеля достигает требуемого значения, замыкается контакт реле давления масла РДМЗ;</li> <li>- вспомогательным контактом шунтирует кнопку «Пуск дизеля», обеспечивая работу цепей пуска после размыкания контактов кнопки;</li> <li>- вспомогательным контактом собирает цепь питания пускового реле времени РВП1, которое контролирует время прокачки дизеля маслом -70с;</li> <li>- вспомогательным контактом подготавливает цепь питания пускового контактора ДЗ.</li> </ul> <p>Через 70с замыкается контакт реле РВП1, который, если включилось реле РДМЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- собирает цепь питания электромагнита МР6; электромагнит МР6 подготавливает регулятор дизеля к режиму наибольшей подачи топлива (пусковой режим);</li> <li>- собирает цепь питания пускового контактора ДЗ; начинает собираться силовая схема пуска дизеля.</li> </ul> <p>2. Включение силовой схемы пуска дизеля. Включившись, контактор ДЗ выполняет переключения в схеме:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- главный контакт ДЗ подает питание на катушку пускового контактора Д2 (через контакт валоповоротного механизма дизеля БВМ, который замкнут, если механизм не находится в зацеплении с валом дизеля); на катушку электропневматического вентиля ускорителя пуска ВП7 (вентиль ВП7 открывает доступ сжатому воздуху к поршню ускорителя пуска, а регулятор дизеля устанавливает рейки в положение максимальной подачи топлива, ускоряя пуск дизеля); на катушку пускового контактора Д2 второй секции (через розетку межтепловозного соединения);</li> <li>- вспомогательный контакт ДЗ включает пусковое реле времени РВП2, которое начинает отсчет времени процесса пуска дизеля (времени раскручивания коленчатого вала дизеля стартером до пусковых оборотов);</li> <li>- вспомогательный контакт ДЗ шунтирует контакты РВП1 и РДМЗ в цепи катушек контактора ДЗ и электромагнита МР6.</li> </ul> <p>Пусковой контактор Д2 управляет пусковыми коммутационными аппаратами обеих секций тепловоза:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- главный контакт Д2 замыкается, подготавливая питание стартера секции, на которой выполняется пуск дизеля;</li> <li>- вспомогательный контакт Д2 собирает цепи питания пускового контактора Д1 своей секции и контактора Д1 сочлененной секции тепловоза через межтепловозное соединение.</li> </ul> <p>Главные контакты контакторов Д1 соединяет плюсы аккумуляторных батарей обеих секций тепловоза и подключают их к одному стартеру; минусы батарей соединены через межтепловозное соединение постоянно. В течение 7 с стартер будет раскручивать коленчатый вал дизеля, получая питание от двух батарей. При этом аккумуляторные батареи создают пусковой ток 1500-2500 А, что приводит к значительному снижению их емкости. Критерием успешного пуска дизеля является увеличение давления в его масляной системе, в результате чего срабатывает реле давления масла РДМ4. Вспомогательные размыкающие контакты контакторов Д1, установленные в цепях контакторов</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>регуляторов напряжения КРН, исключают их преждевременное включение.</p> <p>3. Выключение силовой схемы пуска дизеля. Через 7с от момента включения реле РВП2 (от момента включения силовой схемы пуска дизеля) его замыкающий контакт включает реле РУ9</p> <p>Реле РУ9 выполняет переключения в схеме:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с помощью своего замыкающего контакта встает на самопитание через замкнувшийся контакт реле РДМ4;</li> <li>- замыкающий контакт реле РУ9 подготавливает цепь питания контактора регулятора напряжения КРН;</li> <li>- замыкающий контакт реле РУ9 подготавливает цепь питания электромагнита МР6 при работающем дизеле (при разобранной схеме пуска);</li> <li>- замыкающий контакт реле РУ9 включает реле РУ23.</li> </ul> <p>Включившись, реле РУ23:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- замыкающим контактом подготавливает цепь самопитания через контакты реле РВП1;</li> <li>- замыкающим контактом включает реле РУ10;</li> <li>- размыкающим контактом разбирает цепь питания контактора КМН.</li> </ul> <p>Реле РУ10 собирает цепь питания электромагнита МР6 и вентиля топливных насосов ВТН, который отключает восемь топливных насосов дизеля при его работе на холостом ходу. Кроме того, комбинация замкнутых контактов реле РУ10 и РУ8 на режиме пуска дизеля и первой позиции без нагрузки собирают цепь на «Указатель повреждений»</p> <p>Контактор КМН выключается и:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отключает электродвигатель маслопрокачивающего насоса; дальнейшая работа дизеля происходит при работе насоса с приводом от вала дизеля;</li> <li>- разбирает силовую схему пуска дизеля: отключает контактор Д3, который, в свою очередь разбирает цепи питания катушек пусковых контакторов Д2, Д1 и реле РВП2; стартер-генератор отключается от АБ;</li> <li>- разбирает цепь питания реле РВП1.</li> </ul> <p>Обесточенный контактор Д1 замыкает свой вспомогательный контакт в цепи контактора регулятора напряжения КРН и контактор включается. Главный контакт КРН подключает обмотку возбуждения стартера к регулятору напряжения РН и стартер-генератор, получая привод от дизеля, начинает работать в режиме вспомогательного генератора тепловоза. Вспомогательный контакт КРН разбирает цепь контактора КТН; электродвигатель топливоподкачивающего насоса отключается и в дальнейшем подача топлива осуществляется насосом, имеющим привод от дизеля.</p> <p>Остановка дизеля производится отключением тумблера «Насос топливный», контакты которого размыкают цепи питания катушек контактора КРН и реле РУ10. В результате этого выключаются регулятор напряжения РН, вспомогательный генератор перестает вырабатывать напряжение, а диод ДЗБ, выполняя разделительную функцию, не допускает короткого замыкания аккумуляторной батареи через якорь вспомогательного генератора. Реле РУ10 отключает электромагнит МР6 регулятора дизеля, и рейки топливных насосов дизеля становятся в положение прекращения подачи топлива (рис. 8.2а). Дизель останавливается, давление масла падает, реле РДМ4 размыкает свой контакт и отключает реле РУ9.</p> <p>При этом замыкается цепь питания катушки контактора КМН от контактов автоматического выключателя «Дизель» через нормально замкнутые контакты реле РУ9, РУ10, контактора КТН, реле РУ23 и тумблера ОМН. Главный контакт КМН подключает электродвигатель маслопрокачивающего насоса к батарее АБ, а вспомогательный - включает реле времени РВ1 (рис. 7.1а).</p> <p>Маслопрокачивающий насос начинает прокачивать системы дизеля маслом после его остановки, а реле времени РВ1 контролирует время работы насоса -70с. По истечении этого времени реле РВ1 размыкает свой контакт в цепи катушки реле РУ23 и отключает его. Замыкающий контакт РУ23 разбирает цепь питания контактора КМН, электродвигатель МН останавливается, прекращая прокачку дизеля маслом. Электрическая схема возвращается в исходное состояние для пуска дизеля.</p> <p>При аварийной ситуации экстренная остановка дизеля может быть произведена кратковременным нажатием на кнопку «Останов дизеля» на пульте управления (на схеме не показано). В этом случае рейки топливных насосов дизеля переводятся в положение прекращения подачи топлива,</p>



№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	контакторы КРН и КТН отключаются, размыкается цепь питания катушки электропневматического клапана ЭПК тормозной магистрали (производится экстренное торможение поезда).
2	<p><b>Цепи возбуждения тягового генератора</b></p> <p>На тепловозе 2ТЭ116 асинхронные электродвигатели привода вентиляторов получают питание от статорных обмоток тягового генератора (см. § 7.3.1). Поэтому на любой позиции контроллера, в том числе и на нулевой, на фазах генератора должно быть напряжение.</p> <p>Силовая схема возбуждения тягового генератора тепловоза содержит (рис. 4.17): обмотку возбуждения тягового генератора Г; синхронный возбудитель СВ – однофазный синхронный генератор, обмотка возбуждения которого получает питание от вспомогательного генератора ВГ; управляемый выпрямитель возбуждения УВВ; узел коррекции, включающий в себя трансформатор коррекции ТК и выпрямительный мост.</p> <p>Поскольку дизель уже работает, то стартер-генератор перешел в режим вспомогательного генератора и напряжение на выходе вспомогательного генератора поддерживается 110В. Для того, чтобы мог включиться контактор возбуждения генератора КВ и собрать цепь питания его обмотки возбуждения, необходимо плотно закрыть двери выпрямительной установки – при этом замкнется контакт конечного выключателя этих дверей БВУ, а также двери высоковольтных камер - замкнутся контакты конечных выключателей дверей БД1, БД2. Кроме того, аппараты защиты – реле заземления РЗ, реле обрыва полюсов РОП и реле максимального тока РМ2 не должны находиться во включенном состоянии (их размыкающие контакты должны быть замкнуты). Переключатель режима возбуждения генератора АП должен быть установлен в положение «Рабочее».</p> <p>Для включения возбуждения тягового генератора должны быть включены автоматы, «Возбудитель» и «Управление возбуждением», расположенные на высоковольтной камере, и «Питание БУВ» (на схеме не показан).</p> <p>Тогда, через контакты выключателя «Управление возбуждением» включается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- промежуточное реле возбуждения РКВ: через размыкающий контакт промежуточного реле тягового режима РКП, реле тормозного режима РТ2, реле РУ5 (участвует в управлении возбуждением генератора в тяговом режиме), токового реле РТ (контролирует ток обмоток тяговых электродвигателей) и замкнувшиеся при пуске дизеля контакты КРН;</li> <li>- контактор возбуждения генератора КВ через замкнувшийся контакт реле РКВ; главный контакт КВ замкнет цепь обмотки возбуждения тягового генератора Г;</li> <li>- контактор возбуждения возбудителя ВВ: через замкнувшиеся контакты контактора КВ.</li> </ul> <p>Включение контактора ВВ приводит к включению возбуждения тягового генератора:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- замыкается главный контакт контактора ВВ в цепи обмотки возбуждения синхронного возбудителя СВ между клеммами 1/11 и 22/13;</li> <li>- от генератора ВГ подается напряжение на обмотку возбуждения синхронного возбудителя СВ: «+» ВГ, выключатель «Возбудитель», выводы U1-U2 обмотки возбуждения СВ, шунт Ш5 (для измерения тока возбуждения возбудителя), сопротивление возбуждения возбудителя СВВ, замкнутые контакты Р6 и Р7 переключателя АП, главный контакт ВВ, «-» ВГ;</li> <li>- на статорной обмотке С1—С2 возбудителя СВ появляется переменное напряжение, которое подается на вход управляемого выпрямителя УВВ.</li> </ul> <p>Соответственно в обмотке возбуждения генератора Г появляется ток. При положительной полярности напряжения СВ он протекает по цепи: вывод С1 возбудителя СВ, предохранитель ПР1, контакт Р2 и перемычка переключателя АП, обмотка Н1-К1 трансформатора ТК, вывод 1 выпрямителя УВВ, шунт Ш3 (для измерения тока возбуждения генератора), главный контакт КВ, выводы обмотки возбуждения генератора U1-U2, диод, вывод 2 выпрямителя УВВ, шунт Ш3 (для измерения тока возбуждения генератора), вывод С2 возбудителя СВ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на обмотках статора тягового генератора 1С1 — 1С3 и 2С1 — 2С3 появляется переменное напряжение, используемое на нулевой позиции дизеля для питания асинхронных электродвигателей вентиляторов собственных нужд тепловоза.</li> </ul> <p>Для уменьшения подгара контакта КВ и перенапряжений в цепи, возникающих при его размыкании, обмотка Г и контакт КВ шунтируются резистором СГП.</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	На фиксированной позиции дизеля ток возбуждения генератора регулируется выпрямителем УВВ. Возбудитель СВ изменяет ток возбуждения генератора по позициям контроллера.
3	<p><b>Цепи приведения тепловоза в движение</b></p> <p>Для приведения тепловоза в движение тяговые двигателями необходимо соединить с тяговым генератором. Поскольку уже на нулевой позиции дизеля на генераторе имеется напряжение, то для уменьшения коммутационных перенапряжений в силовой цепи на момент подключения двигателей к генератору, его напряжение снижается. Это осуществляется кратковременным отключением контактора КВ.</p> <p>Кроме того, при переходе в тяговый режим работы тепловоза включаются все топливные насосы дизеля (на холостом ходу половина топливных насосов отключается вентилем ВТН).</p> <p>Для перехода из режима холостого хода в тяговый режим необходимо включить автоматические выключатели «Компрессор», «Пожарная сигнализация», «Локомотивная сигнализация», «Радиостанция», электродвигателя вентилятора выпрямительной установки АВУ, тяговых электродвигателей 1АТ, 2АТ, мотор-вентиляторов охлаждающего устройства 1АВ — 4АВ (на схеме не показаны).</p> <p>После этого необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- включить тумблеры отключателей моторов ОМ1 — ОМ6;</li> <li>- установить реверсивную рукоятку контроллера КМ в соответствии с направлением движения, например, в положение «Вперед» (или «Назад»);</li> <li>- включить тумблер «Управление тепловозом»;</li> <li>- включить тумблер «Движение»; с этого момента цепь контактора КВ замкнется через контакты тумблеров «Управление тепловозом» и «Движение».</li> <li>- перевести штурвал контроллера с нулевой на 1-ю или последующие позиции.</li> </ul> <p>1. Соединение обмоток тяговых электродвигателей.</p> <p>Изменение направления момента тягового двигателя осуществляется изменением направления тока в его обмотке возбуждения. Для того, чтобы можно было менять направление тока в обмотке возбуждения она соединяется с обмоткой якоря через контакты переключателя реверсора ПР. На локомотивах принято, что направлению движения «вперед» соответствует согласное соединение обмоток двигателя (на схеме ток обмотки якоря и ток обмотки возбуждения имеют одинаковое направление). При движении «назад» переключатель реверсора ПР переключает свои контакты таким образом, что обмотки двигателя оказываются включены встречно (на схеме ток обмотки возбуждения направлен встречно току обмотки якоря). Контакты переключателя реверсора ПР переключаются его катушками.</p> <p>При повороте рукоятки реверсора КМ в положение «Вперед» подготавливается цепь отключения возбуждения тягового генератора и соответствующим образом соединяются обмотки тяговых двигателей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- получает питание катушка В электропневматического привода реверсора ПР по цепи: выключатель «Управление общее», замкнутый контакт блокировки тормозного крана машиниста БУ (контакт замкнут, когда тормозной кран машиниста находится в положении «Отпуск»), контакт рукоятки реверсора КМ, замкнутый как при установке «Вперед», так и «Назад», контакты 33 и 34 контроллера, замкнутые на 1-ой позиции, замкнутые контакты тумблеров «Управление тепловозом» и «Движение», замкнутый контакт В реверсора, катушка В; в результате вспомогательные контакты реверсора ПР устанавливаются в положение «Вперед» (как указано на схеме);</li> <li>- замыкаются главные контакты переключателя реверсора ПР в положение «Вперед» в цепях обмоток тяговых электродвигателей М1—М6; при движении «Назад» положения контактов ПР меняется на противоположное (при этом изменяется направление тока в обмотках возбуждения электродвигателей).</li> </ul> <p>После включения вспомогательных контактов ПР замыкается цепь питания катушки реле РУ22: тумблер «Движение», контакт В рукоятки реверсора КМ, вспомогательный контакт переключателя реверсора ПР, размыкающие контакты реле РУ21, температурных реле ТРМ, ТРВ1, ТРВ2 (контролируют температуру масла, воды первого и второго контуров охлаждения дизеля - замкнуты при допустимой температуре теплоносителей), реле РДВ (контролирует давления воздуха в тормозной</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>магистрала - замкнут при нормальном давлении воздуха в тормозной магистрали тепловоза). Реле РУ22 включает цепь питания катушки реле РКП, переключающего схему управления возбуждением генератора для работы в тяговом режиме: тумблер «Движение», контакт В (или Н) рукоятки реверсора КМ, вспомогательный контакт переключателя реверсора ПР, размыкающий контакт реле РУ21, вспомогательный контакт тормозного переключателя ТП, замкнутый в положении «Тяга», вспомогательный контакт тормозного контактора КТ, контакты реле РУ22, РУ2 (включение РУ2 предотвращает сборку схемы электрического торможения), РУ8 (подключает к цепям управления «Указатель повреждений» на нулевой и первой позиции без нагрузки).</p> <p>Реле РКП контактами на переключение выполняет переключения в схеме:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- размыкает цепь питания катушки реле возбуждения РКВ;</li> <li>- замыкает цепь питания катушки реле времени РВЗ.</li> </ul> <p>Выключившись, реле РКВ разбирает цепь питания контактора КВ, а, соответственно, и контактора ВВ – ток возбуждения тягового генератора снижается постепенно из-за значительной индуктивности обмотки возбуждения. На пульте машиниста загорается сигнальная лампа «Сброс нагрузки».</p> <p>Таким образом, включившись, реле РКП отсоединяет цепь контактора КВ от выключателя «Управление возбуждением».</p>
4	<p>Подключение цепей тяговых электродвигателей к выпрямительной установке.</p> <p>Одновременно с отключением контактора КВ без выдержки времени замыкается контакт реле времени РВЗ и питание поступает на катушки электропневматических вентилях привода поездных контакторов П1—П6 по цепи: выключатель «Управление возбуждением», контакт РВЗ с выдержкой времени на размыкание, замкнутые контакты тумблеров ОМ1—ОМ6.</p> <p>Поездные контакторы П1—П6 выполняют переключения в схемах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- главными контактами подключают обмотки тяговых электродвигателей М1-М6 к выпрямительной установке ВУ;</li> <li>- вспомогательными контактами подключают блок диодного сравнения БДС на напряжение обмоток возбуждения тяговых электродвигателей (выводы О1);</li> <li>- вспомогательными контактами включают реле РУ5: выключатель «Управление возбуждением», контакт РВЗ, вспомогательные замыкающие контакты П1-П6, катушка РУ5.</li> </ul> <p>При включении реле РУ5 лампа «Сброс нагрузки» гаснет, что свидетельствует о том, что схема тягового режима собралась. Если лампа продолжает гореть, это говорит о том, что цепи управления тяговым режимом не собрались. Поиск отказавшего аппарата осуществляется с помощью указателя повреждений.</p> <p>3. Включение возбуждения тягового генератора</p> <p>Включившись, реле РУ5:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- восстанавливает питание катушки реле РКВ, но уже не от выключателя «Управление возбуждением» (в этой цепи разомкнулись контакты реле РКП), а от выключателя «Управление тепловозом»: контакты тумблеров «Управление тепловозом» и «Движение», контакт В (или Н) рукоятки реверсора КМ, вспомогательный контакт переключателя реверсора ПР, размыкающий контакт РУ21, вспомогательный контакт тормозного переключателя ТП, замкнутый в положении «Тяга», вспомогательный размыкающий контакт тормозного контактора КТ и контакты реле РУ22, РУ2, РУ5, КРН, катушка РКВ; после включения реле РКВ включаются контакторы КВ и ВВ, собирая цепь возбуждения генератора;</li> <li>- размыкает цепь питания катушки вентиля ВТН, обеспечивая работу всех топливных насосов дизеля;</li> <li>- дублирует цепь питания катушки реле РКП через вспомогательный контакт КВ (т.к. при переходе на 2-ю и последующие позиции дизеля контакт реле РУ8 размыкается);</li> <li>- отключает резистор R5'' селективного узла, увеличивая сигнал уставки; при увеличении уставки ток управления на выходе СУ снижается, а, следовательно, возрастет возбуждение тягового генератора.</li> </ul> <p>Таким образом, возбуждение тягового генератора восстанавливается, через цепь контакта 33 контроллера КМ, включенного на всех поездных позициях (1-15). Напряжение тягового генератора через ВУ поступает на обмотки тяговых электродвигателей, которые приводят тепловоз в движение.</p> <p>Комбинация замкнутых контактов РУ8 и РУ21 подключает «Указатель повреждений» к цепям</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>управления на тяговых позициях</p> <p>При переводе контроллера на нулевую позицию (или при срабатывании аппаратов защиты) сначала отключаются контакторы КВ и ВВ, а поездные контакторы П1-П6 остаются включенными еще в течение 0,8 с за счет выдержки времени на размыкание контакта реле РВЗ. Поэтому к моменту отключения поездных контакторов магнитное поле тягового генератора в значительной мере уменьшается, напряжение тягового генератора снижается, и облегчается гашение дуги поездными контакторами.</p>
5	<p><b>Цепи набора позиций контроллера</b></p> <p>Режимы работы дизелей магистральных тепловозов делятся на шестнадцать позиций: одну - холостого хода, и пятнадцать рабочих позиций. Каждой позиции контроллера соответствует определенная комбинация включения электромагнитов МР1-МР4, которые изменяют затяжку всережимной пружины объединенного регулятора дизеля. Четыре электромагнита могут сформировать шестнадцать различных комбинаций <math>2^4=16</math>, т.е. обеспечить шестнадцать режимов затяжки пружины регулятора дизеля.</p> <p>Поэтому изменение позиций контроллера сводится к переключениям электромагнитов МР1-МР4 с помощью контроллера, в результате чего меняется частота вращения вала дизеля. Например, на второй позиции будут замкнуты контакты контроллера 20 и 24 и включены электромагниты МР1 и МР4; на третьей позиции – замкнут контакт 24 контроллера и включен электромагнит МР1 и т.д.</p> <p>Питание электромагнитов осуществляется от выключателя «Управление общее» через контакты блокировки тормоза БУ1, рукоятки реверсора РР и соответствующие контакты контроллера КМ.</p> <p><b>Набор позиций при работе дизеля под нагрузкой</b></p> <p>После завершения пуска дизеля и выхода на режим холостого хода происходит автоматическое включение возбуждения тягового генератора (для питания мотор-вентиляторов), но выключенное реле РУ5 (оно включается в только режиме тяги) шунтирует потенциометры уставок селективного узла, в результате чего снижается напряжение тягового генератора до безопасного для мотор-вентиляторов значения.</p> <p>В тяговом режиме, начиная с первой позиции получает питание катушка реле РУ5. Один размыкающий контакт РУ5 отключает вентиль ВТН и все топливные насосы включаются. Поэтому в тяговом режиме набор позиций происходит при включенных топливных насосах путем переключения электромагнитов МР1-МР4.</p> <p>Другой размыкающий контакт РУ5 увеличивает уставку селективного узла и возбуждение тягового генератора увеличивается соответственно тяговому режиму.</p> <p>Кроме того, начиная с первой позиции можно включить реле ограничения боксования РУ18. Если штатная система защиты от боксования с блоком БДС (см. §6.10) оказывается неэффективной, включением тумблера ТОВ начиная с первой позиции собирается цепь питания катушки реле РУ18.Его замыкающий контакт шунтирует сопротивление уставки селективного узла, увеличивая ток управления и дополнительно снижая возбуждение тягового генератора.</p> <p>Если локомотив выполнен в двухсекционном исполнении, то при запущенных дизелях набор их позиций происходит синхронно на обеих секциях контроллером ведущей секции. Для этого клеммы цепей управления ведущей и ведомой секции соединены между собой кабелями через розетки межтепловозных соединений. Например, при переводе контроллера ведущей секции на вторую позицию и замыкании контактов 20 и 24, клеммы ТХ13-11 и ТХ13-8 этой секции через розетки межтепловозного соединения Х1-2 и Х1-18 соединяются с аналогичными клеммами ведомой секции.</p> <p>Начиная с четвертой позиции, через контакт 36 контроллера и контакт реле РУ17 получает питание катушка контактора аварийного возбуждения тягового генератора КАВ.. Если на режиме аварийного возбуждения генератора начинается боксование колесных пар и сработает реле РУ17, его контакт разорвет цепь питания контактора КАВ. Размыкающий силовой контакт КАВ в цепи обмотки возбуждения генератора увеличивает сопротивление этой цепи, в результате чего напряжение генератора и момент на колесе двигателя уменьшаются.</p> <p>Другой замыкающий контакт РУ17 снижает уставку в селективном узле, тем самым дополнительно уменьшая напряжение генератора (рис. 8.5).</p> <p><b>Набор позиций при работе дизеля на холостом ходу</b></p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>Алгоритм работы цепей управления тепловоза предусматривает переход дизеля из режима работы под нагрузкой на режим холостого хода с помощью тумблера «Холостой ход» независимо от положения контроллера.</p> <p>Например, при включении тумблера «Холостой ход I» от выключателя «Управление общее» получают питание реле РУ21 и РУ20 первой секции.</p> <p>Реле РУ21:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-размыкает свой контакт в цепи катушки РКП, что исключает работу тепловоза в тяговом режиме (рис. 8.4);</li> <li>- замыкающий контакт независимо от позиции контроллера обеспечивает питание вентиля ВТН, который отключает один ряд топливных насосов дизеля (размыкающий контакт РУ19 в цепи катушки ВТН разомкнут, начиная с 8-ой позиции контроллера ).</li> </ul> <p>Реле РУ20:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-замыкает свои контакты в цепи катушек электромагнитов МР2 и МР4, обеспечивая их постоянное включение, независимо от позиции контроллера;</li> <li>-размыкает свои контакты в цепи катушек электромагнитов МР3 и МР4, обеспечивая их постоянное выключение, независимо от позиции контроллера ;</li> </ul> <p>такая комбинация включения электромагнитов регулятора соответствует четвертой позиции.</p> <p>Цепи управления двухсекционного тепловоза имеют тумблеры автономного холостого хода ведущей и ведомой секции. Включением тумблеров ТХ1 и ТХ2 каждая из секций тепловоза может быть переведена в режим автономного холостого хода, т. е. независимо от режима работы другой секции.</p> <p>При включении тумблера ТХ2 напряжение от клеммы ТХ4-9 ведущей секции через кабель и розетку межтепловозного соединения поступает на клемму ТХ13-13 и далее на катушки реле РУ20, РУ21 ведомой секции, которые выполняют те же переключения, что и на ведущей секции тепловоза.</p> <p>Режим автономного холостого хода исключается при размыкании контакта тумблера отключения тормоза ОТ, когда включен электрический тормоз.</p> <p>Для того, чтобы можно было независимо управлять секциями тепловоза в режиме электрического торможения в цепи электромагнитов МР2 и МР3 установлены контакты тормозного реле РТ3. При включении режима электрического торможения контакты РТ3 переключаются, и управление электромагнитами осуществляется уже от тормозного контроллера.</p>
6	<p>Цепи отключения напряжения тягового генератора при срабатывании защиты дизеля.</p> <p>Срабатывание защиты или быстрый перевод контроллера с тяговой позиции на нулевую (сброс позиций) приводит вначале к отключению возбуждения тягового генератора, а затем к его автоматическому восстановлению по цепи режима холостого хо-да, т. е. с питанием катушки реле РКВ от выключателя «Управление возбуждением». Например, при срабатывании реле ТРМ, ТРВ1 или ТРВ2 отключается реле РУ22 и своим контактом разбирает цепи питания катушек реле РКП и РКВ. Выключившись, реле РКВ разомкнет цепь питания контактора КВ и схема возбуждения тягового генератора разберется.</p> <p>Контакт на переключение РКП отключит катушку реле времени РВ3. Размыкающий контакт РВ3 с выдержкой времени 0,8с отключит цепи питания катушек поездных контакторов П1-П6 и катушки реле РУ5. К концу этой выдержки времени при отключенном возбуждении генератора самоиндукция в це-пи тяговый генератор—тяговые двигатели существенно снижается. Такой алгоритм управления схемой уменьшает подгар главных контактов поездных контакторов при их размыкании. Контакты П1—П6 размыкаются, отключая тяговые двигатели от тягового генератора</p> <p>Одновременно с поездными контакторами отключается реле РУ5 и переключаются его контакты в цепи катушки реле возбуждения РКВ.</p> <p>Теперь цепь питания катушки реле РКВ собирается от выключателя «Управление возбуждением» как предусмотрено для нулевой позиции.</p> <p>Реле РКВ собирает цепь питания катушки контактора КВ и возбуждение тягового генератора восстанавливается для питания мотор-вентиляторов.</p>
7	Управление схемой при аварийном отключении тягового двигателя Управление

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p><b>тепловозом в маневровом режиме</b></p> <p>Электрической схемой тепловоза предусматривается возможность отключения любого из тяговых электродвигателей в случае его неисправности одним из тумблеров ОМ1—ОМ6. После этого тепловоз будет продолжать работу на пяти оставшихся исправных двигателях (если характер неисправности допускает вращение колесной пары вышедшего из строя двигателя) до прибытия в депо для ремонта. Например, при отключении первого электродвигателя тумблером ОМ1 выполняются следующие переключения в схеме :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- размыкается цепь питания катушки контактора П1, который своими главными контактами отключает тяговый электродвигатель от выпрямительной установки ;</li> <li>- шунтируется вспомогательный контакт контактора П1 в цепи реле РУ5, что обеспечивает возможность включения возбуждения генератора;</li> <li>- в канале мощности селективного узла шунтируется потенциометр СИД индуктивного датчика; уставка по мощности снижается, ток управления селективного узла увеличивается, возбуждение тягового генератора и его напряжение уменьшаются (генератор с гиперболической характеристики переходит на селективную характеристику).</li> </ul> <p>При выключении соответствующим тумблером какого-либо другого неисправного электродвигателя работа системы управления аналогична.</p> <p>Для управления тепловозом при маневрах на станционных путях удобно пользоваться кнопкой КМР "Маневры", которая должна включаться только при установке контроллера на нулевую позицию. При ее нажатии напряжение от выключателя «Управление возбуждением» подается в цепь включения тягового режима, непосредственно к тумблерам «Управление тепловозом» и «Движение». Так как регулятор дизеля поддерживает частоту вращения коленчатого вала нулевой позиции, режим работы генератора (ток, напряжение и мощность) будет соответствовать первой тяговой позиции.</p>
8	<p><b>Алгоритм работы микропроцессорной системы поосного регулирования</b></p> <p>Электрическая передача с системой поосного регулирования касательной силы тяги включает в себя (рис. 13.1):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- тяговый синхронный генератор;</li> <li>- управляемый выпрямительный модуль (УВУ), состоящий из шести управляемых выпрямителей УВМ1—УВМ6, собранных в виде одной конструкции (от каждой статорной обмотки тягового генератора получают питание три управляемых выпрямителя);</li> <li>- шесть тяговых электродвигателей ТЭД1—ТЭД6, каждый из которых подключен к отдельному управляемому выпрямителю;</li> <li>- датчики частоты вращения колесных пар Тх1 ... Тх6, установленные на крышках букс колесных пар тепловоза;</li> <li>- микропроцессорную систему поосного регулирования касательной силы тяги, обеспечивающую регулирование напряжения на выходах управляемых выпрямителей и в обмотке возбуждения тягового генератора по заданному алгоритму;</li> <li>- блок управления управляемыми выпрямителями (БУ УВМ).</li> </ul> <p>При работе тепловоза микропроцессорная система с поосным регулированием касательной силы тяги получает информацию о позиции контроллера машиниста пк, напряжении тягового генератора, токах и напряжениях каждого тягового двигателя, положении рейки топливных насосов высокого давления и, частоте вращения каждой колесной пары и регулирует напряжение тягового генератора, управляя током возбуждения синхронного возбудителя.</p> <p>Изменение тока обмотки возбуждения синхронного возбудителя осуществляется транзисторными ключами модуля ШИМ блока БР.</p> <p>Основные принципы регулирования напряжения тягового генератора на тепловозе, оборудованном микропроцессорной системой поосного регулирования, идентичны тепловозам с микропроцессорной системой, рассмотренной в гл. 12. Они сводятся к поддержанию напряжения генератора, при котором частота вращения коленчатого вала дизеля и удельный расход топлива соответствуют его экономической характеристик при всех режимах работы тепловоза и ограничении тока и напряжения тягового генератора в случае превышения ими максимально допустимых значений. Это достигается совместной работой объединенного регулятора дизеля и микропроцессорной системы</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>автоматического регулирования. Однако способ реализации этих принципов в системе поосного регулирования касательной силы тяги несколько отличается.</p> <p>В микропроцессорной системе регулирования ток возбуждения возбуждителя изменяется по значению разности заданного и фактического напряжений тягового генератора . Значение заданного напряжения определяется, исходя из разности между заданным и фактическим значениями мощности тягового генератора .</p> <p>При потере сцепления колеса с рельсом частота вращения якоря тягового двигателя повышается, а ток генератора уменьшается. Это приводит к снижению мощности генератора и появлению рассогласования между заданным и фактическим ее значениями. В результате величины и возрастают, увеличивая напряжение тягового генератора, что неизбежно приводит к увеличению частоты вращения якоря двигателя</p> <p>,</p> <p>а соответственно и колесной пары локомотива. Поэтому ликвидировать начавшееся боксование без включения защиты (принудительного снижения напряжения генератора) такая система не может.</p> <p>В микропроцессорной системе поосного регулирования напряжение тягового генератора изменяется по сигналу рассогласования некоторой заданной и фактической скоростей движения тепловоза. Заданная скорость движения на каждом <math>i</math>-ом цикле управляющей программы рассчитывается по изменению дискретного сигнала рассогласования заданной и текущей мощности тягового генератора .</p> <p>Сигнал задания мощности формируется блоком задания БЗ по частоте вращения вала дизеля и положению реек ТНВД . Текущая мощность генератора вычисляется в блоке вычисления мощности БВМ как произведение текущих значений его тока и напряжения . Кроме того в блок сравнения канала формирования сигнала поступает корректирующий сигнал максимальной мощности тяговых двигателей, вычисленной как произведение максимального тока и максимального напряжения тяговых двигателей . По значениям этих сигналов управляющая программа рассчитывает заданное значение ускорения локомотива и само значение .</p> <p>Для реализации этого алгоритма в канал формирования сигналов задания управляющей программы добавлен блок расчета дискретной величины рассогласования мощностей</p> <p>,</p> <p>где <math>S</math> - значение переменной <math>S</math> в предыдущем (<math>i-1</math>-ом) цикле выполнения управляющей программы;</p> <p>Само значение заданной скорости рассчитывается как</p> <p>,</p> <p>где <math>K</math> - коэффициент, значение которого определяется модулем величины .</p> <p>Фактическая скорость движения локомотива определяется управляющей программой как среднее значение скоростей колесных пар в блоке «<math>\Sigma</math>» по сигналам осевых датчиков Тх1-Тх6. В блоке сравнения величин <math>V</math> и по их разности рассчитывается сигнал задания напряжения тягового генератора , который поступает на вход регулятора напряжения тягового генератора РН СГ. Таким образом, в каждом цикле выполнения управляющей программы значение заданной скорости движения локомотива будет непрерывно увеличиваться (при <math>V &lt; V_{зад}</math>) или уменьшаться (при <math>V &gt; V_{зад}</math>) темпом, зависящим от абсолютного значения величины <math>V - V_{зад}</math> . Сигнал рассогласования заданной и фактической скоростей движения локомотива является задающим сигналом для пропорционально-интегрального регулятора напряжения тягового генератора (блок «РН СГ»).</p> <p>При таком способе регулирования увеличение частоты вращения колесных пар тепловоза будет приводить к уменьшению заданного, а следовательно, и фактического напряжения тягового генератора из-за уменьшения разности . Снижение напряжения генератора приведет к уменьшению его мощности, а соответственно величина возрастет и увеличит значение <math>V - V_{зад}</math> . Следствием этого будет восстановление заданного значения напряжения за счет увеличения <math>V</math> . Если изменение частоты вращения колесных пар вызвано изменением скорости движения, темп увеличения напряжения будет намного меньшим темпа изменения заданной скорости. По-этому по мере разгона тепловоза напряжение тягового генератора будет повышаться из-за снижения тока , обеспечивая поддержание постоянной мощности дизеля.</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>При интенсивном изменении частоты вращения колесных пар, вызванном потерей сцепления одной или несколькими из них, изменение сигнала приведет к быстрому снижению напряжения тягового генератора с последующим медленным его восстановлением за счет увеличения . Такой алгоритм регулирования не только предотвращает развитие уже начавшегося боксования, но и способствует его быстрому прекращению без значительного снижения мощности генератора, неизбежного в случае срабатывания противобоксовочной защиты.</p> <p>Кроме того, система поосного регулирования касательной силы тяги обеспечивает индивидуальное управление напряжением, приложенным к каждому тяговому электродвигателю. Управляющее воздействие при таком способе регулирования заключается в изменении угла открытия тиристорov управляемых выпрямителей УВМ1—УВМ6. При нормальном сцеплении и отсутствии боксования никакого воздействия на напряжение питания тяговых электродвигателей не оказывается и оно определяется текущим напряжением тягового генератора. В случае потери сцепления колесной парой напряжение питания соответствующего тягового двигателя будет уменьшаться.</p> <p>Исполнительным устройством регулятора напряжения питания тяговых электродвигателей является блок управления выпрямителями ББ УВМ, формирующий импульсы управления тиристорами каждого моста УВМ1—УВМ6. Фазы импульсов рассчитываются управляющей программой в соответствии с алгоритмом:</p> <p>где - нормированный сигнал, зависящий от угловой скорости вращения k-ой колесной пары, ее углового ускорения и тока k-го тягового электродвигателя.</p> <p>Для определения значения по текущим значениям V1-V6 управляющей программой рассчитываются значения угловых ускорений каждой колесной пары и их минимальная частота вращения . В блоке выделения максимального значения тока определяются значение максимального тока тяговых двигателей по сигналам, поступающих от датчиков токов . Далее логические блоки управляющей программы анализируют текущее состояние каждой колесной пары и соответствующего электродвигателя и в блоках ББ1-ББ6 формируют сигналы управления на каждый управляемый выпрямитель УВМ1-УВМ6.</p> <p>Если частота вращения k-ой колесной пары не отличается от минимальной , более чем на 3 %, ее угловое ускорение не превышает допустимую величину, а ток k-го электродвигателя не отличается от более чем на 7 %, то сигнал и, соответственно, угол управления . Это означает, что соответствующие тиристоры k-го управляемого выпрямителя УВМ откроются в начале положительного полупериода, подаваемого на них напряжения, т.е. управляемый выпрямитель работает как обычный неуправляемый двухполупериодный выпрямитель. При этом напряжение на тяговом электродвигателе будет равно напряжению тягового генератора , сформированного блоком РН СГ. При нарушении хотя бы одного из указанных выше условий для k-ой колесной пары управляющая программа увеличит значение , вследствие чего напряжение на тяговом электродвигателе снижается, ограничивая его вращающий момент.</p> <p>Микропроцессорная система поосного регулирования контролирует текущие значения тока и напряжения тягового генератора. В том случае, если или сигнал их разности поступает в блок РН СГ, который соответственно снижает до требуемого значения или устанавливает</p>
9	<p><b>Аппаратные средств микропроцессорной системы поосного регулирования</b></p> <p>Структура микропроцессорной системы поосного регулирования полностью соответствует структуре микропроцессорной системы тепловоза (см. рис. 12.1), однако дополнительные задачи по управлению электрической передачей, решаемые этой системой, потребовали введения дополнительных измерительных и управляющих каналов.</p> <p>Средства ввода аналоговых сигналов в микропроцессорной системе поосного регулирования дополнительно имеют 12 каналов и контролируют аналоговые сигналы напряжения на выходе управляемых выпрямителей УВМ1—УВМ6 и токов тяговых электродвигателей .</p> <p>Средства ввода дискретных сигналов контролируют состояние тех же электрических аппаратов схемы управления тепловоза, что и в микропроцессорной системе, за исключением реле боксования 1-й и 2-й ступеней защиты.</p> <p>Средства ввода частотных сигналов в микропроцессорной системе поосного регулирования</p>



№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>дополнительно имеют 6 каналов, используемых для измерения частоты вращения колесных пар тепловоза. В связи с увеличением количества каналов они размещены в двух дополнительных модулях. Первичное преобразование частоты вращения колесных пар в частотные сигналы осуществляется шестью частотными датчиками Тх1—Тх6, устанавливаемыми на крышки букс колесных пар тепловоза.</p> <p>Средства вывода аналоговых управляющих сигналов включают:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>канал регулирования тока возбуждения возбудителя (аналогичный микропроцессорной системе);</li> <li>канал регулирования тока возбуждения стартер-генератора (аналогичный микропроцессорной системе);</li> <li>шесть каналов управления управляемыми выпрямителями УВМ1—УВМ6.</li> </ul> <p>В связи со значительным увеличением количества аналоговых управляющих сигналов для размещения их аппаратных средств в систему включены дополнительные модули.</p> <p>Средства вывода дискретных управляющих сигналов обеспечивают управление четырьмя электрическими аппаратами электрической схемы тепловоза: контакторы ВШ1, ВШ2, РМ1, РУ16. Модуль управляемого выпрямителя УВМ представляет собой единую конструкцию, где размещены шесть трехфазных мостовых тиристорных выпрямителей УВМ1—УВМ6. Силовая электрическая часть управляемого выпрямительного модуля состоит из 36 тиристорov, объединенных в шесть независимых управляемых выпрямительных мостов. Напряжение к модулю УВМ подается от двух трехфазных статорных обмоток тягового генератора. Основу силовой части одного моста составляет схема, состоящая из шести тиристорov и RC-цепей, служащих для защиты тиристорov от коммутационных перенапряжений. Для защиты тиристорov от перегрузки по току используются быстродействующие предохранители, снабженные блок-контактами, которые замыкаются при повреждении предохранителей.</p> <p>В силовом шкафу УВМ размещаются также включатели тиристорov, шесть высокочастотных трансформаторов и два трехфазных трансформатора синхронизации. Включатели тиристорov обеспечивают усиление по мощности импульсов управления, формируемых в блоке управления, а также гальваническую развязку силовых цепей УВМ и блока управления. На вход силового шкафа поступает трехфазное переменное напряжение со статорных обмоток тягового генератора. Там же расположены датчики напряжения ДН1—ДН6 и датчики тока ДТ1—ДТ6 тяговых двигателей. Выходные сигналы датчиков напряжения и тока из силовой части выпрямительного модуля поступают в блок управления. Кроме того, в силовом шкафу находятся блокировки дверей для защиты обслуживающего персонала от поражения высоким напряжением.</p> <p>Управляемая выпрямительная установка (УВУ) обеспечивает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- индивидуальное питание тяговых электродвигателей путем преобразования переменного трехфазного напряжения тягового генератора в шесть регулируемых по величине напряжений постоянного тока;</li> <li>- прием сигналов управления тиристорами по 36 каналам;</li> <li>- формирование дискретных сигналов с уровнем напряжения 110В по семи каналам для управления.</li> </ul> <p>Блок управления управляемым выпрямительным модулем выполняет следующие функции:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прием входных аналоговых сигналов от микропроцессорной системы, датчиков тока и напряжения с уровнем сигнала <math>\pm 5</math> В (<math>\pm 5</math> мА) по 18-и каналам;</li> <li>- прием входных частотных сигналов от датчиков частоты;</li> <li>- выдачу сигналов управления на формирователи импульсов включения тиристорov УВМ -36 каналов с уровнем сигнала +15 В и током нагрузки 20 мА;</li> <li>- формирование переменного напряжения 24 В частотой 25 кГц и током нагрузки 1 А для создания импульсов управления тиристорами по шести каналам;</li> <li>- прием входных дискретных сигналов от схемы тепловоза с уровнем напряжения 110 В;</li> <li>- индикацию состояния БУУВМ светодиодами на лицевых панелях.</li> </ul> <p>Комплект датчиков обеспечивает передачу информации о величинах токов и напряжений тяговых электродвигателей с уровнем сигнала 0 - <math>\pm 5</math> В или 0 - <math>\pm 5</math> мА и частоты вращения колесных пар с уровнем напряжения от 0 до 30 В.</p> <p>В состав блока БУ УВМ входят шесть идентичных модулей ББ1-ББ6, имеющие по три ячейки каждый.</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>В состав одного модуля входят: ячейка питания, ячейка периферии и ячейка контроллера. Ячейки контроллера и периферии выполнены в виде печатных плат, на которых устанавливаются элементы микроэлектроники. Ячейка питания преобразует напряжение питания бортовой сети тепловоза (110В) в напряжения: +5 В, ±15 В, 18 В, 24 В. На лицевых панелях ячеек питания установлены тумблеры для подачи питающего напряжения и предохранитель.</p> <p>Ячейка периферии принимает дискретные сигналы с уровнем напряжения 110 В от схемы тепловоза, а также низковольтные сигналы управления 5В от микропроцессорной системы. Высоковольтные сигналы преобразуются в сигналы с уровнем +5 В. После этого все сигналы передаются в ячейку контроллера. Ячейка контроллера служит для сбора и обработки дискретных, аналоговых, частотных сигналов и выдачи импульсов управления тиристорами.</p>

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам
2	Самостоятельное изучение конструкции и работы вспомогательного оборудования тепловоза: - конструкция, принцип работы, характеристики стартерных аккумуляторных батарей тепловозов; правила их эксплуатации и обслуживания; - назначение, конструкция, принцип работы, характеристики вспомогательных электрических машин постоянного тока на тепловозе; - назначение, конструкция, принцип работы, характеристики вспомогательных электрических машин переменного тока на тепловозе
3	Самостоятельное изучение основных цепей управления тепловозом: - конструкция и принцип работы электромагнитных реле и контакторов; - цепи пуска дизеля на тепловозах переменного-постоянного тока; - цепи включения возбуждения тягового генератора на тепловозах переменного-постоянного тока; - цепи приведения в движение тепловозов переменного-постоянного тока; - цепи управления охлаждающим устройством тепловоза
4	Подготовка к зачету
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к промежуточной аттестации.
7	Подготовка к текущему контролю.

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Режимы работы тягового электрооборудования тепловозов в передаче переменного-постоянного тока Е.Ю. Логинова, М.А. Яцков; МИИТ. Каф. "Локомотивы и локомотивное хозяйство" Однотомное издание МИИТ, 2002	НТБ (уч.б); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
2	Электрические передачи локомотивов В.В. Стрекопытов,	Библиотека МКТ

	А.В. Грищенко, В.А. Кручек; Под ред. В.В. Стрекопытова Однотомное издание Маршрут , 2003	(Люблино); НТБ (уч.б); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
3	Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов А.В. Грищенко, В.В. Грачев, С.И. Ким и др.; Ред. А.В. Грищенко; Под Ред. А.В. Грищенко Однотомное издание Маршрут , 2004	НТБ (уч.3); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)); Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://window.edu.ru>); Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miiit.ru>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Специализированная программа Mathcad.

Специализированная программа Simulink.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Компьютерный класс Оборудование тепловозной лаборатории кафедры «Электропоезда и локомотивы» РУТ (МИИТ).

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 8, 9 семестрах.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

профессор, профессор, д.н. кафедры  
«Электропоезда и локомотивы»

Е.Ю. Логинова

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЭиЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин