

13/8/2

Одобрено кафедрой
«Локомотивы
и локомотивное хозяйство»

УТВЕРЖДЕНО
деканом факультета
«Транспортные средства»

Электрическое оборудование и электрические схемы ЛОКОМОТИВОВ

**Рабочая программа
и задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов V курса**

специальности

190301 ЛОКОМОТИВЫ (Т)



Москва – 2007

Программа разработана на основании примерной учебной программы дисциплины, составленной в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки по специальности 190301 (Т)

С о с т а в и т е л и: канд. техн. наук, проф. БОРОДИН А.П.,
канд. техн. наук, доц. БУХТЕЕВ В.Ф.

Р е ц е н з е н т: канд. техн. наук, доц. СКАЛИН А.В.

**© Российский государственный открытый технический
университет путей сообщения, 2007**

Рабочая программа

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью настоящей дисциплины является подготовка инженера к квалифицированному обслуживанию электрического оборудования и электрических цепей современных магистральных тепловозов.

Электрооборудование тепловозов — научная дисциплина, проработанная теоретически и имеющая разнообразные практические приложения, основанная на фундаментальных научных трудах и монографиях по электрическому оборудованию и электрическим схемам тепловозов. Основные понятия в области электрооборудования тепловозов, стандартизированы и унифицированы. Знание теоретических основ по электрооборудованию тепловозов и ее практических приложений необходимо современному инженеру — специалисту по подвижному составу железных дорог.

Дисциплина базируется на таких курсах, как высшая математика, физика, метрология и электрические измерения, а также теоретические основы электротехники.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Знать и уметь использовать: принцип действия, конструктивное исполнение, основные технические характеристики, условия работы и требования нормативных документов к электрооборудованию тепловозов, назначение элементов цепей и логику работы их систем управления и защиты.

2.2. Владеть: чтением принципиальных схем, анализировать работу элементов и узлов, находить отклонения от нормальной логики работы электрических схем по отдельным ее признакам.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Виды учебной работы	Всего часов	Курс — V
Общая трудоемкость дисциплины	130	
Аудиторные занятия:	20	
Лекции	8	
Лабораторный практикум	12	
Самостоятельная работа:	95	
Контрольная работа	15	1 (количество)
Вид итогового контроля		Зачет, экзамен

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч	Лабораторный практикум, ч
1	2	3	4
1	Основы теории работы контактных электрических аппаратов	1	
2	Коммутационные аппараты тепловозов	1	
3	Аппараты управления, автоматики, контроля и защиты	1	2
4	Силовые цепи тепловозов. Тяговые электрические машины	2	2
5	Цепи управления тепловозом и их функции. Цепи пуска дизеля	1	2

1	2	3	4
6	Изучение алгоритма электрических цепей в тяговом режиме	1	2
7	Вспомогательные электрические машины тепловозов	1	4

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Предмет, содержание и задачи курса

Роль курса в овладении студентами знаниями, умениями и навыками, необходимыми специалисту. Содержание и структура курса.

Элементы электрооборудования тепловозов, их назначение. Классификация электрических аппаратов и условия их работы на тепловозе. [5, гл. 1, с. 4–6]

Раздел 2. Основы теории работы контактных электрических аппаратов

Электрические контакты, термины и определения. Разновидности электрических контактов. Переходное сопротивление. Тепловые явления в электрических контактах. Коммутация контактов. Износ контактов. Материалы для контактных электрических соединений. Притирание контактов. Основные параметры, характеризующие работу подвижного контактного соединения. Основы теории горения и гашения электрической дуги, применяемые в тепловозных электрических аппаратах. Условия гашения дуги в аппаратах переменного тока. [1, гл. 5, с. 85–90]

Раздел 3. Тяговые электрические машины

Тяговые машины постоянного и переменного тока. Основные характеристики тяговых электрических машин и их предельные нагрузки. Использование тяговых электрических машин на тепловозе. Определение конструктивных параметров тяговых электрических машин по значениям эксплуатационных нагрузок. Система охлаждения тяговых электрических машин и предъявляемые к ним требования. [2, гл. 2, с. 22–69]

Раздел 4. Коммутационные аппараты тепловозов

Электромагнитные контакторы постоянного и переменного тока. Назначение, основные параметры. Кинематическая схема привода подвижного контакта.

Электропневматические контакторы. Назначение, основные параметры. Кинематическая схема привода подвижного контакта.

Реверсоры, групповые электропневматические контакторы. Назначение, особенности конструкции, основные характеристики. [1, гл. 5, с. 90–101]

Раздел 5. Аппараты управления, автоматики, контроля и защиты

Контроллер машиниста. Назначение и устройство. Кинематические схемы привода главного и реверсивного барабана. Развертка контроллера. Взаимная блокировка рукояток управления.

Реле (реле времени, управления, переходов). Принцип действия и устройства.

Реле защиты (буксования, заземления, максимального тока нагрузки, реле давления масла, температурное реле). Назначение, особенности конструкции, параметров реле защиты. [1, гл. 5, с. 101–120]

Раздел 6. Магнитные и полупроводниковые аппараты тепловозов

Преимущества применения бесконтактных элементов для повышения надежности, эффективности работы электрических машин. Амплистаты возбуждения тяговых электрических машин. Амплистаты возбуждения. Основные параметры и устройства. Датчики тока в силовых цепях тепловозов.

Бесконтактные полупроводниковые регуляторы напряжения вспомогательных генераторов.

Однофазные и трехфазные управляемые выпрямители в схемах возбуждения тяговых электрических машин тепловозов. [1, гл. 5, с. 140–163]

Раздел 7. Силовые цепи тепловозов

Типы схем электрических цепей и условные обозначения основных элементов. Принцип построения релейно-контактных схем.

Тяговая силовая цепь и ее основные элементы. Схемы подключения тяговых электродвигателей к тяговому генератору.

Реверсирование тепловоза. Схемы соединения тяговых электрических машин в режиме динамического торможения. Включение аппаратов защиты в силовые цепи тепловозов.

Раздел 8. Электрические схемы цепей возбуждения при использовании возбудителей с расцеплением плюсов

Электрические цепи возбуждения тягового генератора с использованием амплистатов. Основные элементы цепей. Объединенное регулирование частоты вращения коленчатого вала дизеля. Связь режимов работы тяговых цепей и цепей возбуждения. [1, гл. 1, с. 5–19]

Электрические цепи возбуждения с использованием однофазных и трехфазных управляемых выпрямителей.

Элементы и блоки цепей возбуждения. [1, гл 6, с. 160–161, 163–175]

Особенности цепей возбуждения тяговых генераторов перспективных тепловозов. [1, гл. 1, с. 17–19]

Цепи аварийного возбуждения тяговых генераторов.

Раздел 9. Электрические цепи управления тепловозов

Цепь управления тепловоза и ее функции. Цепи пуска дизеля управления частотой вращения коленчатого вала дизеля, защиты дизеля. [1, гл. 7, с. 176–183]

Цепи включения и управления режимов тяги, цепи управления секциями по системе многих единиц. Вспомогательные цепи. [1, гл. 7, с. 183–190, 252–253]

4.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Изучение систем защиты дизеля	2
2	Изучение защиты тягового генератора и силовых цепей	2
3	Изучение алгоритма пуска дизеля	2
4	Изучение системы управления дизеля	2
5	Исследование характеристик электродвигателя постоянного тока параллельного возбуждения	4

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

а) Контрольная работа — состоит из двух заданий. Первое задание ставит своей целью изучение контактных, бесконтактных электрических аппаратов, а также электрических цепей тепловозов и их защиты.

Во втором задании необходимо произвести расчет трансформаторов постоянного тока.

б) Курсовая работа — не предусмотрен.

в) Курсовой проект — не предусмотрен.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. Бородин А. П. Электрическое оборудование тепловозов. — М.: Транспорт, 1988. — 287 с.

2. Скалин А. В., Бухтеев В. Ф., Кононов В. Е. Электрические машины и аккумуляторные батареи тепловозов. — М.: ИПЦ «Желдориздат», 2005. — 232 с.

Дополнительная

3. Тепловоз М62 / С. П. Филонов, А. И. Гибалов, И. А. Черноусов и др. — М.: Транспорт, 1998. — 280 с.

4. Тепловоз 2ТЭ116 / С. П. Филонов, А. И. Гибалов, И. А. Черноусов и др. — М.: Транспорт, 1998. — 320 с.

5. Тепловоз ТЭМ2 / Руководство по эксплуатации и обслуживанию. — М.: Транспорт, 1983. — 239 с.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

Компьютерные программы, видеофильмы

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специализированная аудитория

Контрольная работа

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При выполнении контрольной работы необходимо придерживаться следующих положений:

1. Контрольная работа должна быть выполнена на сброшюрованных стандартных листах (формат 210×297мм); текст пишется на одной стороне каждого листа с обязательным оставлением полей для замечаний рецензента. На обложке или титульном листе контрольной работы необходимо указывать название дисциплины, курс, фамилию, инициалы и учебный шифр студента, год издания задания, в соответствии с которым выполняется контрольная работа.

2. Работа должна быть написана аккуратно, разборчивым почерком, без сокращений слов.

3. Материал в контрольной работе должен быть изложен в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТ 2.105-68).

4. Не разрешается прилагать иллюстрации, вырезанные из книг, журналов, инструкций, а также ксерокопии. Все страницы контрольной работы и иллюстрации к ней должны быть пронумерованы. Таблицы должны иметь наименования, иллюстрации и графики — подрисуночные подписи.

После получения прорецензированной работы нужно исправить ошибки и сделать требуемые дополнения. Если работа не зачтена, следует выполнить требования рецензента и выслать исправленную работу вместе с рецензией в институт для повторной проверки (на обложке тетради в этом случае должна быть сделана надпись «Работа исправлена» или «На повторное рецензирование»). При этом нет необходимости переписывать целиком работу или отдельные ее разделы, а также производить исправления по написанному тексту; все исправления и допол-

нения должны быть сделаны на отдельных листах и вклеены или вшиты в соответствующие места работы. Стирать или зачеркивать замечания рецензента запрещается.

Контрольные работы, в которых не соблюдены изложенные выше требования, а также работы, выполненные студентом не по своему варианту, не засчитываются.

Зачтенные работы вместе с исправлениями и дополнениями, сделанными по требованию рецензента, следует сохранять.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Контрольная работа состоит из двух заданий. Первое задание состоит из четырех частей. Первая часть содержит вопросы, связанные с изучением конструкции контактных аппаратов тепловозов; вторая — с изучением конструкции бесконтактных аппаратов тепловозов; третья — с изучением работы электрических цепей управления; четвертая — с изучением электрических защит локомотива. Второе задание предлагает студентам в соответствии с учебным шифром (по последней цифре шифра) произвести расчет трансформатора постоянного тока.

Задание 1

Для выполнения первой части первого задания контрольной работы необходимо:

1. Вычертить эскиз аппарата, представить его электромонтажную схему, дать описание конструкции и принцип его действия, описать функции аппарата на заданном типе тепловоза;
2. На эскизе указать места регулировки основных параметров аппарата;
3. Дать техническую характеристику аппарата.

Заданный тип тепловоза и контактный аппарат студент выбирает из табл. 1 по двум последним цифрам учебного шифра.

Заданный тип тепловоза и бесконтактные аппараты студент выбирает из табл. 2 по последним цифрам учебного шифра.

Для выполнения второй части работы необходимо сделать следующее:

1. Вычертить принципиальную электрическую схему бесконтактного аппарата;
2. Дать принцип работы и описать функции бесконтактного аппарата на заданном типе тепловоза;
3. Привести техническую характеристику бесконтактного аппарата.

В третьей части следует разработать заданный участок электрической цепи. За основу при разработке рекомендуется принять электрическую схему тепловоза той серии, которая указана в табл. 3.

В четвертой части контрольной работы необходимо разработать один из видов электрической защиты тепловоза. За основу при разработке рекомендуется принять электрическую схему тепловоза той серии, которая указана в табл. 4.

Методические указания к выполнению контрольной работы

Перед выполнением первой и второй частей первого задания контрольной работы необходимо изучить контактные и бесконтактные аппараты тепловозов в соответствии с программой по дисциплине «Электрическое оборудование и электрические схемы локомотивов» высших технических учебных заведений для специальности 190301 «Локомотивы».

Ниже приведен пример, которым следует руководствоваться при выполнении контрольной работы.

Пример

Задано: управляемый выпрямитель возбуждения тепловоза 2ТЭ116.

Выполнение работы:

1. На тепловозах последних выпусков получили применение управляемые выпрямители, обеспечивающие не только выпрямление напряжения, но и его регулирование. В системе возбуждения тепловоза 2ТЭ116 используется управляемый выпрямитель. Он собран по однофазной мостовой схеме, в одном плече которой включены тиристоры $+T$ и $-T$, а в другом — диоды Д3 и Д4 (см. рис. 1).

2. Обмотка возбуждения тягового генератора является нагрузкой силовой цепи системы возбуждения. В эту цепь входит возбудитель СВ, управляемый выпрямительный мост УВВ и узел коррекции.

В качестве возбудителя СВ применен однофазный синхронный генератор. Возбуждение его осуществляется от общей цепи питания электрической схемы управления (от стартер-генератора) и подается на обмотку статора. Выходное переменное напряжение возбудителя с колец ротора подается на вход управляемого выпрямительного моста (УВВ).

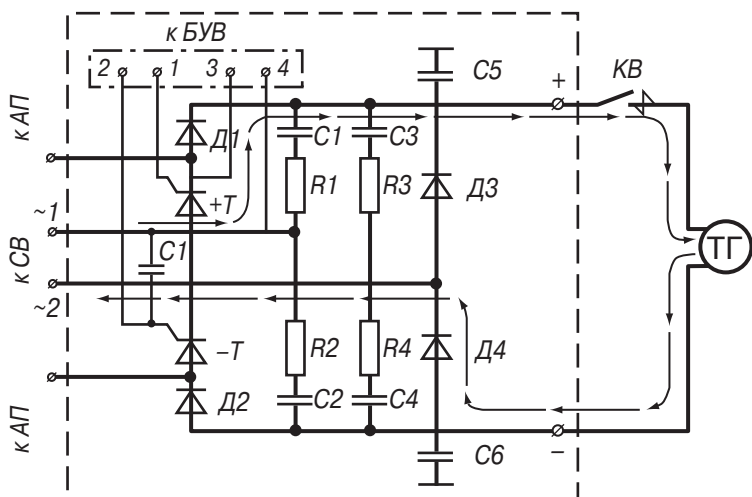


Рис. 1. Система возбуждения тепловоза 2ТЭ116

Он представляет собой несимметричный мостовой выпрямитель, в два плеча которого включены управляемые вентили-тиристоры $+T$ и $-T$, а два других — обычные неуправляемые вентили. В случае выхода из строя тиристоров или схемы управления последовательно с ними включены диоды для обеспечения возбуждения тягового генератора при работе в аварийном режиме. Защита вентилей моста от коммутационного перенапряжения, возникающего при выпрямлении переменного тока возбудителя, осуществляется шунтирующими цепочками из резисторов и конденсаторов.

Выпрямленное напряжение регулируется с помощью тиристоров путем изменения момента их включения, а следовательно, продолжительности их открытого состояния. Первоначально тиристоры закрыты и при подаче на них переменного тока с возбудителя на выходе моста выпрямленное напряжение будет равно 0. Если теперь на направляющий электрод одного из них, например, $+T$, подать положительное напряжение (достаточно кратковременного положительного импульса определенной величины), то тиристор открывается и начинает проводить ток. Так как на управляемый мост подается синусоидальное напряжение возбудителя, то как и во всяком выпрямительном мосту, один тиристор будет работать в положительный полупериод, а другой — в отрицательный. Например, путь тока при открытии тиристора $+T$ в положительный полупериод показан на рисунке стрелками. Управляющие импульсы для открытия тиристоров подаются поочередно от блока управления выпрямителем БУВ на направляющий электрод соответствующего тиристора в положительный или отрицательный полупериод синхронно с поступающей на них волной синусоидального напряжения. На выходе моста будет пульсирующее выпрямленное напряжение.

Как в обычной мостовой схеме с диодами, запираение тиристоров происходит в момент изменения синусоидального напряжения с положительной полуволны на отрицательную (в момент перехода через нуль). Промежуток времени от момента подачи положительной полуволны переменного напряжения с возбу-

дителя на анод тиристора $+T$ до момента подачи отпирающего импульса на его управляющий электрод называется углом регулирования L (углом зажигания). С увеличением угла регулирования L (от 0 до 180) уменьшаются общее время прохождения тока через тиристор и среднее значение выпрямленного напряжения. Изменяя угол регулирования от некоторой минимальной величины до 180, можно уменьшить выпрямленное напряжение и ток от наибольшего значения до тока, близкого к нулю.

Величину импульсов и момент подачи (угол регулирования L) в каждый полупериод питающего напряжения формирует блок управления возбуждением БУВ, являющийся выходным узлом системы автоматического регулирования возбуждения применен блок выпрямителей кремниевых БВК-1012. В рекомендованной литературе в задании на контрольную работу технические характеристики блока не приведены. Однако поскольку управляемый выпрямитель возбуждения на тепловозе 2ТЭ216 получает питание непосредственно от возбудителя ВС-650, то входные параметры блока БВК-1012 должны соответствовать параметром возбудителя ВС-650:

5. Напряжение продолжительного режима, В:

низшее	215
высшее	287

Ток при напряжении, А:

низшем	164
высшем	146

Частота, Гц 165/220

Работая над схемой, необходимо знать некоторые основные положения. Принципиальная электрическая схема конкретного тепловоза с электрической передачей условно разделена на несколько отдельных схем: управления, электропередачи, вспомогательных устройств, защиты и сигнализации, освещения.

Все электрические цепи изображены в разомкнутом состоянии, т. е. обесточенными. Условные места связи схем различных систем отмечены надписями с конкретным указанием места при-

соединения. Разрывы цепей отдельных листов электрической схемы обозначены одноименными цифрами, помещенными в кружки.

Рейки выводов в пультах и камерах, а также коробки выводов имеют отличительные буквенные или номерные обозначения. Вывод (зажим) обозначается дробью, например 12/11 или Д/9, числитель которой является номером рейки или буквенным обозначением коробки, а знаменатель — номером зажима при отсчете слева направо или сверху вниз. Рейки выводов пульта управления имеют, как правило, номера до 10, аппаратных камер — свыше 10.

В контрольной работе необходимо привести чертеж заданного участка цепи управления и соответствующего ему участка силовой цепи, если данная цепь управляет аппаратами силовой цепи. При разработке электрической схемы заданного участка следует вычертить цепи, на которые воздействуют аппараты заданного участка цепи управления, и описать эти воздействия. Если в заданный участок цепи управления входят блокировки цепей защиты тепловоза, то нужно пояснить физический смысл работы системы защиты и необходимость ее воздействия на цепь заданного участка схемы управления.

При разработке заданного вида защиты рекомендуется предварительно изучить возможные варианты такой защиты у основных серий тепловозов и, взяв за основу вариант защиты у тепловоза, серия которого указана в табл. 4, необходимо привести чертеж электрической цепи защиты, а в пояснительной записке следует описать работу заданной системы защиты и заполнить табл. 5. При этом необходимо указать преимущество и недостатки данной системы защиты у заданного тепловоза.

Следует помнить, что любая система защиты от тяжелых последствий какого-либо аварийного процесса состоит в явном или неявном виде из двух подсистем: подсистемы обнаружения аварийного процесса и подсистемы его прекращения. Поэтому в контрольной работе должны быть описаны обе подсистемы.

Исходные данные

Таблица 1

Контактные аппараты тепловозов

Аппараты	Тип тепловоза										
	ТЭП60	ТЭП70	2ТЭ10М	ТЭМ2	2ТЭ10У	ЧМЭЗ	2ТЭ10Л	2ТЭ10В	М62	2ТЭ116	
	Последние цифры шифра										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Поездной контактор, реле управления	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Электромагнитное-реле времени, электропневматический вентиль	11	12	13	14	–	–	15	16	17	18	
Реверсор, реле блокирования	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Контактор пуска ди-зеля, контактор возбуждени ятягового генератора	29	–	30	31	–	–	–	32	33	34	
Контроллер машиниста, реле управления	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Реверсор, реллеперехода	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Контактор электропневматический групповой, тяговый электромагнит	55	—	—	—	—	—	—	56	57	58
Поездной контактор, реле перехода	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
Контактор пуска двигателя, электропневматический вентиль	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Контроллер машиниста, реле боксования	79	80	81	82	—	—	83	84	85	86
Реверсор, контактор возбуждения тягового генератора	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Контроллер машиниста, регулятор напряжения	—	—	97	—	98	99	00	—	—	—

Бесконтактные аппараты тепловозов

Аппараты	Тип тепловоза					
	ТЭП60	ТЭП70	2ТЭ10Л	2ТЭ10В	М62	2ТЭ116
	Последние цифры шифра					
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7
Трансформатор постоянного напряжения, бесконтактный тахометрический блок	01	02	03	04	05	06
Индуктивный датчик, бесконтактный регулятор напряжения	07	08	–	09	–	10
Бесконтактный регулятор напряжения, блок диодов сравнения	–	11	–	12	–	13
Амплистат возбуждения, трансформатор постоянного тока	14	–	15	16	17	–
Трансформатор постоянного напряжения, индуктивный датчик	18	19	20	21	22	23
Бесконтактный тахометрический блок, электронное реле времени	24	25	–	26	27	–
Трансформатор постоянного тока, индуктивный датчик	28	29	30	31	32	33

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
Амплистат возбуждения, бесконтактный тахометрический блок	34	—	35	36	37	—
Трансформатор постоянного тока, блок диодов сравнения	—	38	—	39	—	40
Амплистат возбуждения, трансформатор постоянного напряжения	41	—	42	43	44	—
Трансформатор постоянного напряжения, электронное реле времени	45	46	47	48	49	—
Индуктивный датчик, блок диодов сравнения	—	50	—	51	—	52
Трансформатор постоянного напряжения, электронное реле времени	53	54	—	55	56	—
Бесконтактный тахометрический блок, блок диодов сравнения	—	57	—	58	—	59
Трансформатор постоянного напряжения, бесконтактный регулятор напряжения	60	61	—	62	—	63
Амплистат возбуждения, индуктивный датчик	64	—	65	66	67	—
Трансформатор постоянного тока, трансформатор постоянного напряжения	68	69	70	71	72	73

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Индуктивный датчик, бесконтактный регулятор напряжения	74	75	76	77	78	79
Трансформатор постоянного тока, бесконтактный регулятор напряжения	80	81	—	82	—	83
Индуктивный датчик, электронное реле времени	84	85	—	86	87	—
Трансформатор постоянного тока, бесконтактный тахометрический блок	88	89	90	91	92	93
Бесконтактный тахометрический блок, бесконтактный регулятор напряжения	94	95	—	96	—	97
Трансформатор постоянного напряжения, блок диодов сравнения	—	98	—	99	—	00

Таблица 3

Электрические цепи тепловозов

Участки электрических цепей	Тип тепловоза										
	ТЭП60	ТЭП70	2ТЭ10М	2ТЭ10У	ЧМЭ2	ЧМЭ3	2ТЭ10Л	2ТЭ103	2М62	2ТЭ116	
Последние цифры шифра											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Электродвигателя при- вода топливоподкачи- вающего насоса	01	02	03	04	—	—	05	06	07	08	
Электродвигателя при- вода маслопрокачиваю- щего насоса	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Контакторов ослабле- ния возбуждения	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Пусковых контакторов	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Поездных контакторов	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Контактора возбужде- ния тягового генератора	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	
Электрических аппара- тов управления регуля- тором частоты враще- ния коленчатого вала дизеля	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	

Окончание табл. 3

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Электрических аппаратов привода реверсора	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Реле перехода	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Электропневматических вентилях песочницы	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Электрических аппаратов системы регулирования температуры воды и масла дизеля	—	—	—	—	—	—	99	00	—	—

Таблица 4

Электрические защиты тепловозов

Участки электрических цепей	Тип тепловоза										
	ТЭП60	ТЭП70	2ТЭ10М	ТЭМ2	2ТЭ10У	ЧМЭЗ	2ТЭ10Л	2ТЭ10В	2М62	2ТЭ116	
<i>I</i>	Последние цифры шифра										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Защита при замыкании на корпус силовой цепи	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Защита силовой цепи по максимальному току	11	12	—	13	14	15	16	17	18	19	

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Экстренная остановка поезда и дизельгенератора	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20
Защита выпрямительной установки	–	21	–	–	–	–	–	–	–	22
Противобоксовая защита	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Защита по давлению масла дизеля	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Защита по температуре воды и масла	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Защита по давлению газов в картере	53	54	–	–	–	–	55	56	57	58
Защита по давлению воздуха в главных резервуарах и защита по уровню воды в расширительном баке	–	–	–	–	–	–	–	–	–	59
Защита обслуживающего персонала от высокового напряжения	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Защита тяговых электродвигателей от перегруза при выходе из строя одного из них	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
Автоматическая световая и звуковая пожарная сигнализация	80	81	—	—	—	—	82	83	84	85
Контроль состояния изоляции низковольтных цепей	86	—	—	87	—	—	—	88	—	—
Противобоксовочная защита	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Защита при замыкании на корпус силовой цепи	—	—	—	—	—	—	—	99	—	00

Таблица 5

Система защиты от...тепловоза...

Причина срабатывания защиты	Аппарат(ы) защиты	Параметр(ы) настройки	Величина параметра(ов) настройки	Конечный результат действия

ЗАДАНИЕ 2

Методические указания

Расчет трансформатора постоянного тока

Трансформаторы постоянного тока (ТПТ) предназначены для измерения тока тягового генератора.

Расчет ТПТ заключается в определении значений его параметров, которые при заданных режимах работы обеспечат требуемую величину погрешности.

По первичной обмотке ω_1 приходит постоянный измеряемый ток $I_{вн}$, называемый первичным током трансформатора. В тепловых схемах в качестве первичной обмотки ТПТ используются силовые кабели тягового генератора, проходящие через отверстие торроидального сердечника магнитного усилителя. Поэтому при расчете число витков первичной обмотки принимаем равной единице ($\omega_1 = 1$).

Вторичные обмотки ω_2 , соединяемые последовательно и встречно друг другу, подключаются к источнику переменного тока, который выпрямляется при прохождении через выпрямительный мост (B), собранный по мостовой схеме (рис. 2).

Рабочая нагрузка магнитного усилителя R_n обычно включается в цепь выпрямленного вторичного тока.

В данной контрольной работе рекомендуется следующий порядок выбора параметров ТПТ для расчета.

1. Выбирается материал для сердечников и значение номинальной удельной намагничивающей силы $F_{ном/см}$ для ТПТ различных классов точности при $B_{xx} = 6000$ Гс. При этом для обеспечения заданного класса точности трансформатора выбранное значение $F_{ном/см}$ должно удовлетворять условию $\alpha F_{ном/см} \geq F_{xx/см}$, где $F_{xx/см}$ — допустимое значение удельных ампер-витков холостого хода.

Для сердечника выбирается сплав 79 НМ.

$$F_{ном/см} = 6 \text{ и } F_{xx/см} = 0,03.$$

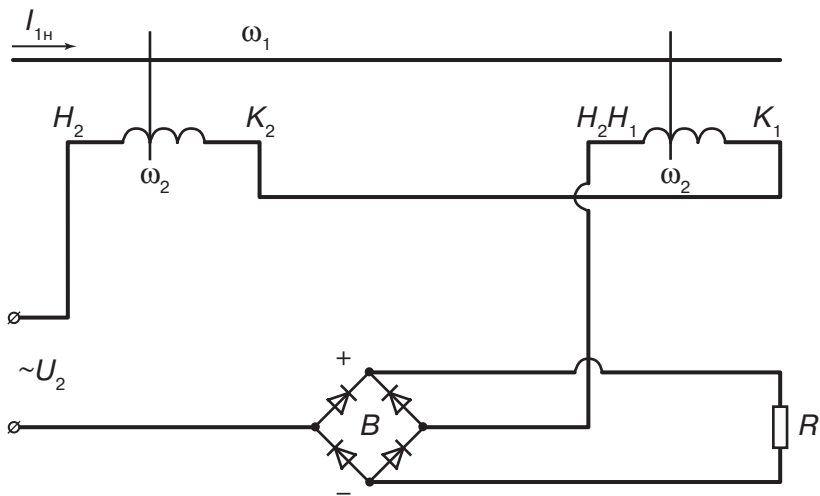


Рис. 2. Принципиальная схема трансформатора постоянного тока

2. Число витков вторичной обмотки может быть определено из соотношения:

$$\omega_1 I_{1H} = I_{2H} \omega_2, \text{ откуда} \quad (2.1)$$

$$\omega_2 = \frac{I_{1H} \omega_1}{I_{2H}}. \quad (2.2)$$

3. Сечение одного сердечника:

$$S_c = \frac{U_2 \cdot 10^8}{2 \cdot 4.44 \cdot f \cdot \omega_2 R_{sc} \cdot B_m}, \quad (2.3)$$

где B_m — амплитуда переменной индукции в управляющем сердечнике, Гс, $B_m = 2 \cdot B_{xx}$;

$R_{sc} = 0,86$ — коэффициент заполнения сердечника сталью, так как он набирается из отдельных пластин.

4. Средняя линия магнитопровода l_c определяется в основном из условий размещения главной изоляции первичной обмотки, рассчитанной на постоянное напряжение генератора.

Таблица 6

Исходные данные для расчетов

№ п/п	Расчетная величина	Последняя цифра учебного шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Первичный номинальный ток $I_{1н}$	5000	5100	5200	5300	5400	5500	5600	5700	5800	5900
2	Вторичный номинальный ток $I_{2н}$	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
3	Класс точности α	0,5									
4	Напряжение переменного тока вторичной цепи U_2	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72,5
5	Частота вторичного напряжения, f	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
6	Число витков первичной обмотки ω_1	$\omega_1 = 1$									

Среднюю длину магнитопровода предварительно можно определить из выражения

$$l_c = \frac{I_{гн} \omega_{гн}}{F_{НОМ/СМ}}. \quad (2.4)$$

5. Объем сердечника

$$V_c = S_c l_c. \quad (2.5)$$

По сечению сердечника выбирается его конструкция.

Для трансформаторов постоянного тока рекомендуется выбирать сердечники тороидальной формы. Это обеспечивает номинальное значение индуктивности рассеивания и наиболее

равномерное распределение намагничивающего поля вдоль длины магнитопровода, что приводит к уменьшению погрешности измерения ТПТ.

По S_c выбирают сердечник тороидального сечения типа Т42/30-7 (по справочной литературе).

Для дальнейших расчетов принимаем:

a — средняя величина ширины сердечника, равная 6 мм;

h — высота (толщина) сердечника, равная 7 мм.

6. Принимают плотность тока во вторичной обмотке $j=2$ А/мм² и находят сечение и диаметр обмоточного провода вторичной обмотки:

$$S_c = \frac{I_{ГН}}{j}; \quad (2.6)$$

$$d_r = 1,13\sqrt{S_c}. \quad (2.7)$$

7. Сопротивление вторичной обмотки:

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S_c}, \quad (2.8)$$

где $\rho = 0,0175$ Ом·мм²/м — удельное сопротивление;

l_2 — длина провода вторичной обмотки, м,

$$l_2 = 2l_{\text{вит}} \omega_2, \quad (2.9)$$

$$l_{\text{вит}} = (2a + 2h) \cdot R_B \cdot 10^{-3}. \quad (2.10)$$

8. Полное сопротивление вторичной цепи трансформатора с учетом сопротивления подводящих проводов (на провода прибавляем 10%)

$$R = 1,1(R_H + R_B + R_r), \quad (2.11)$$

где R_H — сопротивление нагрузки;

R_B — сопротивление выпрямителя;

R_r — сопротивление вторичной обмотки,

$$R_B = 2m \left(\frac{R_{\text{дпр}}}{n} + \frac{U_{\text{пр}}}{I_{\text{ГН}}} \right), \quad (2.12)$$

где m и n — соответственно число диодов, включенных последовательно и параллельно в плечо выпрямительного моста B .

$$m = \frac{U_o}{U_{обр}}; \quad (2.13)$$

$$n = \frac{I_{2н}}{I_d} = 1 \text{ (для кремниевых диодов } U_{пр} = 0,7). \quad (2.14)$$

9. Напряжение постоянного тока на выходе выпрямительного моста

$$U_o = U_2 - 2U_{пр}. \quad (2.15)$$

По I_d и $U_{обр}$ выбирают диоды (4 шт.) типа Д214 с параметрами:
 — I_d ; $U_{обр}$ (запас по обратному напряжению и току для выбранного типа диода рекомендуется принимать не меньше $1,2 \div 1,5$)
 — $R_{дпр}$; $U_{пр}$.

Сопrotивление нагрузки:

$$R_n = \frac{\sqrt{2} \cdot U_2}{4I_{2н}}. \quad (2.16)$$

10. Запас по нагрузке определяется по формуле:

$$K_{зап} = \frac{0,535 \cdot \sqrt{2} \cdot U_2}{I_{2н} \cdot R}. \quad (2.17)$$

Правильная высота трансформатора тока будет обеспечена, если $K_{зап} > 1$. Это означает, что правильная работа трансформатора будет обеспечена вплоть до $X\%$ перенагрузки по номинальному току.

Пример расчета

1. Выбирается материал для сердечников и значение номинальной удельной намагничивающей силы $F_{ном/см}$ для ТПТ различных классов точности при $B_{xx} = 6000$ Гс. При этом для обеспечения заданного класса точности трансформатора выбранное значение $F_{ном/см}$ должно удовлетворять условию $\alpha F_{ном/см} \geq F_{xx/см}$,

где $F_{\text{xx/cm}}$ — допустимое значение удельных ампер-витков холостого хода.

Для сердечника выбирается сплав 79 НМ.

$$F_{\text{ном/cm}} = 6 \text{ и } F_{\text{xx/cm}} = 0,03$$

2. Число витков вторичной обмотки может быть определено из соотношения:

$$\omega_1 I_{1\text{н}} = I_{2\text{н}} \omega_2, \text{ откуда}$$

$$\omega_2 = \frac{I_{1\text{н}} \omega_1}{I_{2\text{н}}} = \frac{6000 \cdot 1}{3,6} = 1666 \text{ витков.}$$

3. Сечение одного сердечника:

$$S_c = \frac{U_2 \cdot 10^8}{2 \cdot 4,44 \cdot f \cdot \omega_2 R_{sc} \cdot B_m} = \frac{70 \cdot 10^8}{8,88 \cdot 133 \cdot 0,75 \cdot 1666 \cdot 0,86 \cdot 12000} = 0,460 \text{ см}^2,$$

где B_m — амплитуда переменной индукции в управляющем сердечнике, Гс.

$$B_m = 2 \cdot V_{\text{хх}} = 2 \cdot 6000 = 12000 \text{ Гс;}$$

$R_{sc} = 0,86$ — коэффициент заполнения сердечника сталью, так как он набирается из отдельных пластин.

4. Средняя линия магнитопровода l_c определяется в основном из условий размещения главной изоляции первичной обмотки, рассчитанной на постоянное напряжение генератора.

Предварительно среднюю длину магнитопровода можно определить из выражения

$$l_c = \frac{I_{\text{гн}} \omega_{\text{гн}}}{F_{\text{ном/cm}}} = \frac{3,6 \cdot 1666}{6} = 999,6 \text{ см.}$$

5. Объем сердечника

$$V_c = S_c l_c = 0,46 \cdot 999,6 = 460 \text{ см}^3.$$

По сечению сердечника выбирается его конструкция.

Для трансформаторов постоянного тока рекомендуется выбирать сердечники тороидальной формы. Это обеспечивает

номинальное значение индуктивности рассеивания и наиболее равномерное распределение намагничивающего поля вдоль длины магнитопровода, что приводит к уменьшению погрешности измерения ТПТ.

По S_c выбирают сердечник тороидального сечения типа Т42/30-7 (по справочной литературе). $D_H = 42$ мм, $D_B = 30$ мм, $h = 7$ мм; $l_c = 11,3$ см; $S_o = 1,76$ см²; $S_c = 0,42$ см².

Для дальнейших расчетов принимаем:

a — средняя величина ширины сердечника, равная 6 мм;

h — высота (толщина) сердечника равная 7 мм.

6. Принимают плотность тока во вторичной обмотке $j = 2$ А/мм² и находят сечение и диаметр обмоточного провода вторичной обмотки:

$$S_c = \frac{I_{2H}}{j} = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ мм}^2,$$

$$d_r = 1,13\sqrt{S_c} = 1,13\sqrt{1,8} = 1,51 \text{ мм}.$$

7. Сопротивление вторичной обмотки R_2 :

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S_c} = 0,0175 \frac{99,9}{1,8} = 0,971 \text{ Ом},$$

где $\rho = 0,0175$ Ом·мм²/м — удельное сопротивление;

l_2 — длина провода вторичной обмотки, м,

$$l_2 = 2l_{\text{вит}} \omega_2 = 2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 1666 = 99,9 \text{ м};$$

$$l_{\text{вит}} = (2a + 2h) \cdot R_B \cdot 10^{-3} = (2 \cdot 6 + 2 \cdot 7) \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

8. Полное сопротивление вторичной цепи трансформатора с учетом сопротивления подводящих проводов (на провода прибавляем 10 %)

$$R = 1,1 (R_H + R_B + R_r) = 1,1 (6,8 + 1,35 + 0,971) = 10,09 \text{ Ом},$$

где R_H — сопротивление нагрузки;

R_B — сопротивление выпрямителя;

R_r — сопротивление вторичной обмотки,

$$R_B = 2m \left(\frac{R_{\text{дпр}}}{n} + \frac{U_{\text{пр}}}{I_{\text{гн}}} \right) = 2 \cdot 1 \left(\frac{0,4}{1} + \frac{1}{3,6} \right) = 1,35 \text{ Ом},$$

где m и n — соответственно число диодов, включенных последовательно и параллельно в плечо выпрямительного моста B .

$$m = \frac{U_o}{U_{\text{обр}}} = \frac{68,6}{68,6} = 1;$$

$$n = \frac{I_{2\text{н}}}{I_{\text{д}}} = 1 \text{ (для кремниевых диодов } U_{\text{пр}} = 0,7)$$

9. Напряжение постоянного тока на выходе выпрямительного моста

$$U_o = U_2 - 2U_{\text{пр}} = 70 - (2 \cdot 0,7) \approx 68,6 \text{ В}.$$

По $I_{\text{д}} = 3,6 \text{ А}$ и $U_{\text{обр}} = 68,6 \text{ В}$ выбирают диоды (4 шт.) типа Д214 с параметрами:

– $I_{\text{д}} = 5 \text{ А}$; $U_{\text{обр}} = 100 \text{ В}$ (запас по обратному напряжению и току для выбранного типа диода рекомендуется принимать не меньше $1,2 \div 1,5$)

– $R_{\text{дпр}} = 0,4 \text{ Ом}$; $U_{\text{пр}} = 1 \text{ В}$.

Сопротивление нагрузки:

$$R_{\text{н}} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_2}{4I_{2\text{н}}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 70}{4 \cdot 3,6} = 6,8 \text{ Ом}.$$

10. Запас по нагрузке определяется по формуле:

$$K_{\text{зап}} = \frac{0,535 \cdot \sqrt{2} \cdot U_2}{I_{2\text{н}} \cdot R} = \frac{0,535 \cdot 1,41 \cdot 70}{3,6 \cdot 10,09} = 1,45.$$

Правильная высота трансформатора тока будет обеспечена, если $K_{\text{зап}} > 1$. Это означает, что правильная работа трансформатора будет обеспечена вплоть до 145 % перезагрузки по номинальному току.

Канд. техн. наук, проф. БОРОДИН А.П.,
канд. техн. наук, доц. БУХТЕЕВ В.Ф.

Электрическое оборудование и электрические схемы ЛОКОМОТИВОВ

Рабочая программа
и задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор Г. В. Тимченко
Компьютерная верстка В. В. Бебко

Тип. зак.	Изд. зак. 181	Тираж 800 экз.
Подписано в печать 12.03.07	Гарнитура NewtonС.	Офсет.
Усл. печ. л. 2,25		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПС,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2
Участок оперативной печати РГОТУПС,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

