

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Хатямов Рушан Фаритович
Должность: Директор филиала СамГУПС в г. Пензе
Дата подписания: 16.11.2023 10:44:56
Уникальный программный ключ:
98fd15750393b14b837b6336369ff46764a01e8ae27bb7c6fb7394f99821e0ad

Приложение к рабочей программе по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог направление подготовки: тепловозы и дизель-поезда

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

**По теме 1.5 Электрическое оборудование тепловозов и дизель-поездов
(ПМ.01 Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава;
МДК 01.01 Конструкция, техническое обслуживание и ремонт подвижного
состава)**

Содержание

Пояснительная записка	3
Лабораторная работа № 1. Исследование индивидуального электропневматического контактора	7
Лабораторная работа № 2. Исследование индивидуального электромагнитного контактора	10
Лабораторная работа № 3. Исследование групповых переключателей	12
Лабораторная работа № 4. Исследование реверсора	14
Лабораторная работа № 5. Исследование контроллера машиниста	17
Лабораторная работа № 6. Исследование реле давления масла	20
Лабораторная работа № 7. Исследование автоматизации процессов управления	22
Лабораторная работа № 8. Исследование защитных реле и реле управления	24
Лабораторная работа № 9. Исследование дифференциального реле	29
Лабораторная работа № 10. Исследование низковольтного электронного блока	33
Лабораторная работа № 11. Исследование токоведущих частей тепловоза (провода, кабели и шины).	36
Список использованных источников	39

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой Темы 1.5 «Электрическое оборудование тепловозов и дизель-поездов» междисциплинарного курса МДК 01.01 «Конструкция, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава (тепловозы и дизель-поезда)» профессионального модуля ПМ.01 «Эксплуатация и техническое обслуживание подвижного состава (тепловозы и дизель-поезда)» по специальности 23.02.06 «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог (тепловозы и дизель-поезда)».

Методические указания являются руководством для выполнения лабораторных работ по Теме 1.5 «Электрическое оборудование тепловозов и дизель-поездов».

Лабораторные работы выполняются после изучения соответствующей темы и проверки теоретической подготовки студентов.

Порядок изложения материала в указании соответствует последовательности выполнения лабораторных работ. Наиболее сложные вопросы иллюстрируются рисунками, схемами, которые сопровождаются подробным описанием.

Целью выполнения лабораторных работ является закрепление теоретических знаний по ПМ.01 МДК 01.01 Теме 1.5 «Электрическое оборудование тепловозов и дизель-поездов» и приобретение студентами практических навыков по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту подвижного состава железных дорог (тепловозов и дизель-поездов).

В результате освоения ПМ.01. МДК 01.01 Темы 1.5 обучающиеся должны:

1. Иметь практический опыт:

ПО.1 Эксплуатации, технического обслуживания и ремонта деталей, узлов, агрегатов, систем подвижного состава железных дорог с обеспечением безопасности движения поездов;

2. Уметь:

У.1 Определять конструктивные особенности узлов и деталей подвижного состава;

У.2 Обнаруживать неисправности, регулировать и испытывать оборудование подвижного состава;

У.3 Определять соответствие технического состояния оборудования подвижного состава требованиям нормативных документов;

У.4 Выполнять основные виды работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава;

3. Расширить и закрепить знания:

3.1 Конструкцию, принцип действия и технические характеристики оборудования подвижного состава;

3.2 Основные неисправности, преимущества и недостатки различного оборудования подвижного состава;

4. Продолжить освоение общих компетенций:

ОК.1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;

ОК.2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество;

ОК.3 Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность;

ОК.4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития;

ОК.5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК.6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями;

ОК.7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий;

ОК.8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации;

ОК.9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

5. Продолжить освоение профессиональных компетенций:

ПК 1.1 Эксплуатировать подвижной состав железных дорог;

ПК 1.2 Производить техническое обслуживание и ремонт подвижного состава железных дорог в соответствии с требованиями технологических процессов;

ПК 1.3 Обеспечивать безопасность движения подвижного состава.

ПК.2.1 Планировать и организовывать производственные работы коллективом исполнителей;

ПК.2.2 Планировать и организовывать мероприятия по соблюдению норм безопасных условий труда;

6. Студент должен сформировать личностные результаты:

ЛР 13 Может объяснить свои профессиональные мотивы, цели, убеждения.

ЛР 19 Должны демонстрировать личностные качества, необходимые эффективной профессиональной деятельности;

ЛР 25 Демонстрирует интерес к инновациям в производственной деятельности;

ЛР 27 Осознает потребность непрерывного образования;

ЛР 30 Выражает готовность рассматривать противоречивую или неполную информацию, не отклоняя ее автоматически и не сделав поспешных и преждевременных выводов;

ЛР 31 Имеет возможность работать в сотрудничестве с другими людьми.

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности с соответствующим оформлением в журнале по проведению инструктажа.

Учебная группа делится на две подгруппы. Лабораторные работы проводятся фронтальным методом, когда вся подгруппа выполняет одно задание.

По ходу выполнения работы при возникновении вопросов студент может получить консультацию у преподавателя или самостоятельно воспользоваться лекционным, справочным материалом и рекомендуемой литературой.

Результатом выполнения лабораторной работы является оформленный отчёт о проделанной работе. Отчёт должен содержать:

- тему и цель работы;
- задание;
- выполненную работу в соответствии с содержанием отчёта;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контроль умений и знаний по дисциплине производится по каждой лабораторной работе в виде зачета.

Критерии оценивания лабораторной работы:

Оценка «5» (отлично) – ставится студенту, полностью и правильно выполнившему все задания лабораторной работы, понимая происходящие процессы, ответившему полностью на все контрольные вопросы и на дополнительные вопросы при отчёте за работу.

Оценка «4» (хорошо) – ставится студенту, который допустил незначительные ошибки при выполнении лабораторной работы и в ответах на

контрольные вопросы и ответил на дополнительные вопросы при отчёте за работу.

Оценка «3» (удовлетворительно) – ставится студенту, который не полностью выполнил задания лабораторной работы, понимая происходящие процессы или (и) не полностью ответил на контрольные вопросы, показав понимание данной темы, и ответил на дополнительные вопросы при отчёте за работу.

В остальных случаях выставляется оценка «2» (неудовлетворительно).

Лабораторная работа № 1

Тема: Исследование индивидуального электропневматического контактора

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы индивидуального электропневматического контактора.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Основное назначение коммутационных аппаратов – замыкание и размыкание электрических цепей при переключении их в заданной последовательности.

Аппараты, служащие для повторного замыкания и размыкания (под током) электрических цепей, по которым протекают большие токи или которые обладают значительной индуктивностью, называются *контакторами*.

На тепловозах применяют контакторы с электропневматическим (при токах 750-1200 А) и электромагнитным приводами (400 А и меньше). В силовых цепях устанавливают электропневматические контакторы, так как они обеспечивают достаточное нажатие, надежный контакт и быстроту срабатывания.

Контакторы имеют главные и вспомогательные контакты, которые подразделяются на размыкающие и замыкающие. Размыкающий вспомогательный контакт замкнут, когда катушка контакторов обесточена; замыкающий вспомогательный контакт замкнут при включенном контакторе.

Электропневматические поездные контакторы применяются для подключения тяговых электродвигателей к тяговому генератору или выпрямительной установке. На тепловозах используются электропневматические контакторы ПК-753Б, ПК-754 (тепловозы 2ТЭ116, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М и др.). Эти контакторы отличаются друг от друга в основном параметрами.

На панели 1 смонтированы неподвижные узлы контактора (Рис. 1.1) и цилиндр 2 электропневматического привода. К панели прикреплен отлитый из латуни кронштейн 3, к которому припаяна дугогасительная катушка 4 со стальным сердечником (изолированным от нее). На кронштейне 3 также закреплен главный неподвижный контакт 6. Катушка с сердечником и главные контакт-детали 6 и 7 размещены внутри дугогасительной камеры 5. Ток к подвижной контакт-детали 7 подводится через гибкий медный шунт 11.

При подаче напряжения на катушку электропневматического вентиля 15 (типа ВВ-3) воздух поступает в цилиндр 2, поршень 14 со штоком 12 перемещаются вправо. Рычаг 9 поворачивается вокруг оси до тех пор, пока подвижная главная контакт-деталь 7 коснется неподвижной 6. Дальнейший поворот рычага 9 вызывает поворот подвижной контакт-детали 7 вокруг оси O' и сжатие притирающей пружины 8. При снятии напряжения с катушки вентиля 15 под действием пружины 13 подвижный узел контактора возвращается в исходное положение.

Контактор снабжен вспомогательными контактами 10, состоящими из подвижных изоляционных колодок с медными пластинками, закрепленными на рычаге 9, и неподвижных контактов пальцевого типа, установленных на кронштейне привода. Вспомогательные контакты позволяют осуществлять требуемые зависимости в работе схемы.

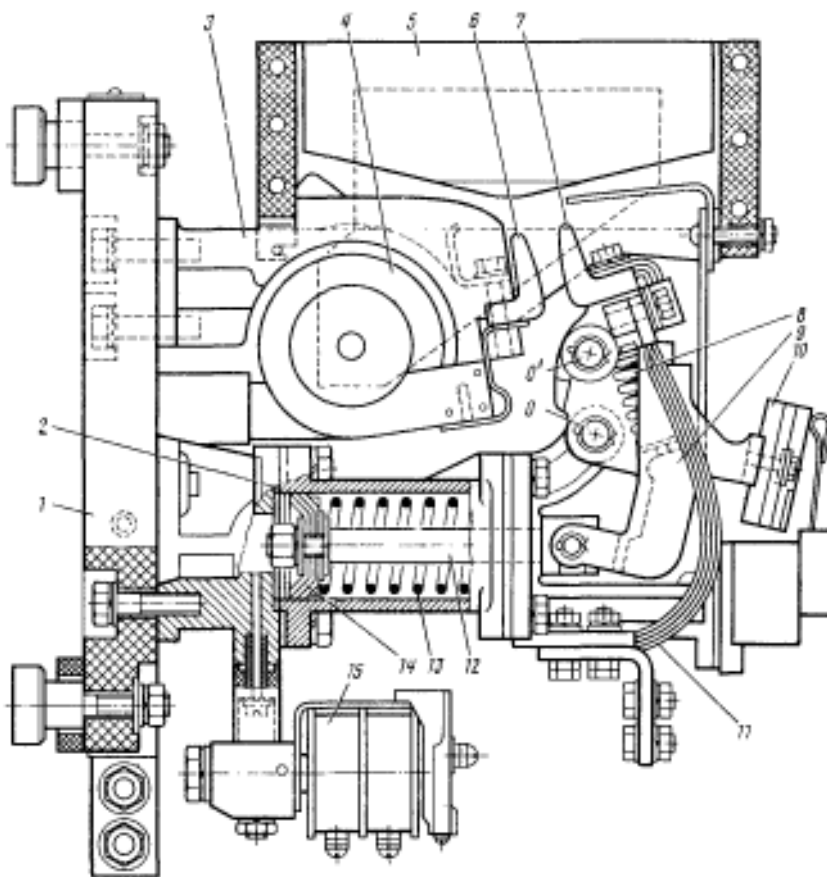


Рис. 1.1 Электропневматический контактор ПК-753Б

Форма главных контакт-деталей такова, что при замыкании первоначально сходятся их передние концы, затем подвижная контакт-деталь перекачивается по неподвижной до прилегания задних частей. Таким образом, при замыкании происходит относительное скольжение контактных поверхностей под усилием, создаваемым притирающей пружиной 8. Во время

размыкания происходит обратное перекачивание и последними размыкаются передние концы контакт-деталей.



Рис. 1.2 Положение контактов при замыкании.

а – положение перед замыканием; б – момент начала замыкания;
в – рабочее положение; А – раствор; Б – провал контактов

Последовательность положения контакт-деталей при замыкании показана на рис. 1.2. При такой работе контакт-деталей уменьшается их изнашивание, предотвращается приваривание и сохраняется рабочая часть. Главные контакты изготовлены из твердотянутой меди, из меди с накладкой серебра или металлокерамического сплава и в случае износа могут быть легко заменены.

Технические данные контактора ПК-753Б:

Ток номинальный, А	830
Напряжение номинальное, В	900
Нажатие контактов (конечное), Н	55-63
Раствор, мм	14-19,5
Провал, мм	13-15

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы индивидуального электропневматического контактора.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы электропневматического контактора ПК-753.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначен электропневматический контактор?
2. Перечислите основные части контактора.
3. Как устроен электропневматический привод контактора?
4. Как устроена контактная система контактора?
5. Опишите принцип действия контактора.

Лабораторная работа № 2

Исследование индивидуального электромагнитного контактора.

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы индивидуального электромагнитного контактора.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Привод электромагнитных контакторов выполнен в виде электромагнита с подвижным якорем. При протекании тока по катушке электромагнита якорь под действием магнитного поля, создаваемого катушкой, притягивается к сердечнику, вследствие чего подвижный контакт прижимается к неподвижному.

Контакторы электромагнитные типа МК (КВ, ВВ, КМН, КТН) используются в цепях возбуждения тяговых генераторов и электродвигателей собственных нужд на тепловозах более позднего выпуска. Все элементы контактора (Рис. 2.1) собраны на скобе 1. Якорь 12 вращается на призмах, поджимаемых пружинами 7. Главная контактная система 8 состоит из контактной колодки 11 с неподвижными контактными скобами и дугогасительными катушками, траверсы 9 с подвижными контактами мостикового типа и дугогасительной камерой 10.

Вспомогательная контактная система 4 состоит из контактных колодок 5 с неподвижными контактными скобами и траверсы 6 с подвижными контактами мостикового типа. Контактор включается катушкой 13, а выключается пружинами. Регулировка растворов и провалов производится пластинами 3 и перемещением колодки 2, ограничивающей ход якоря. Контакторы типа МК рассчитаны на токи включения 100-400 А.

Электромагнитный контактор КПВ-604 (Д1-Д3) применяется в цепи пуска дизеля и предназначен для коммутации больших кратковременных токов (до четырехкратного номинального). Контактор (Рис. 2.2) собран на основной скобе 4 магнитопровода. На нижнем конце скобы закреплены втягивающая катушка 1 с сердечником 2 и якорь 12. Якорь вставлен в прорезь скобы и двумя пружинами прижимается к ее призме 5. На верхнем конце скобы закреплено пластмассовое основание 7 с дугогасительным устройством и неподвижным контактом 8.

При подаче напряжения на катушку к ее сердечнику притягивается якорь, на котором закреплена скоба 6, несущая подвижной контакт 9. Четыре блокировочных контакта 13 мостикового типа расположены справа и слева от катушки. Для переключения их к якорю контактора прикреплена нажимная пластина 3. Чтобы не повредить корпус блокировочных контактов необходимо следить, чтобы при включении нажимная пластина не ударяла по корпусу, а траверса с подвижными контактами имела свободный ход около 1 мм. Притирание

главных контактов обеспечивается притирающей пружиной 10, а отключение – возвратной пружиной 11. Контактор имеет номинальный ток включения 250 А.

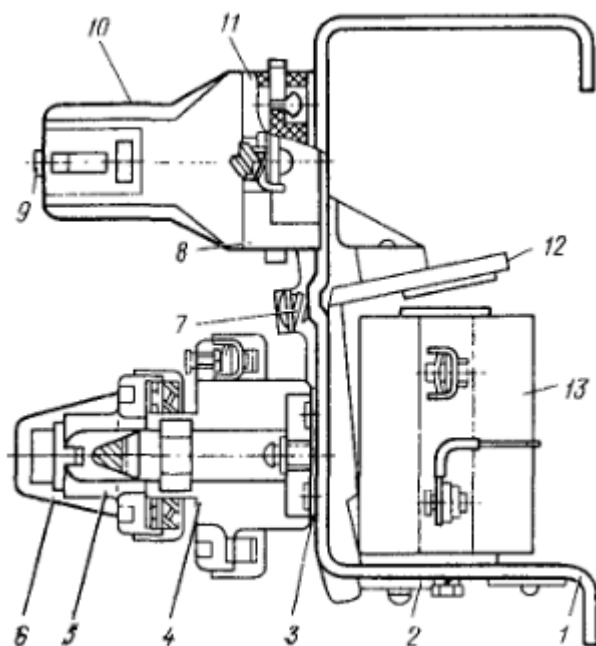


Рис. 2.1 Электромагнитный контактор типа МК

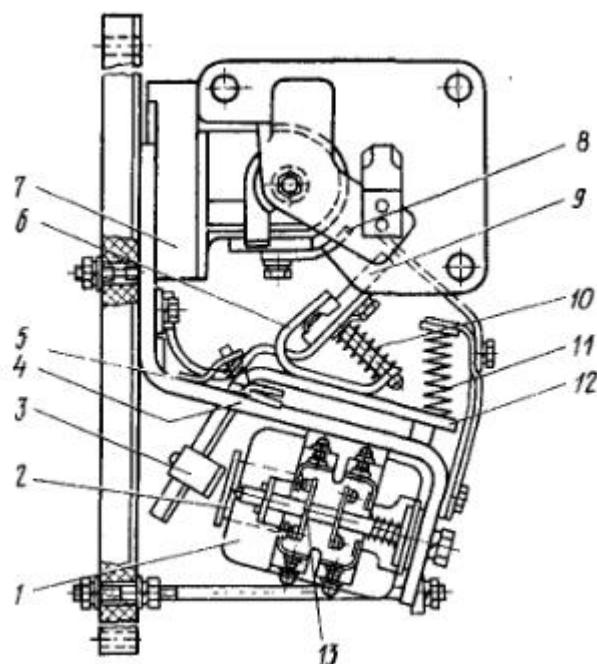


Рис. 2.2 – Электромагнитный контактор типа КПВ-604

Порядок выполнения:

Ознакомьтесь с назначением, конструкцией и принципом работы электромагнитных контакторов типа МК и КПВ-604.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы электромагнитных контакторов типа МК и КПВ-604.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены электромагнитные контакторы?
2. Перечислите основные части контакторов.
3. Как устроены электромагнитные контакторы?
4. Опишите принцип действия контакторов.

Лабораторная работа № 3

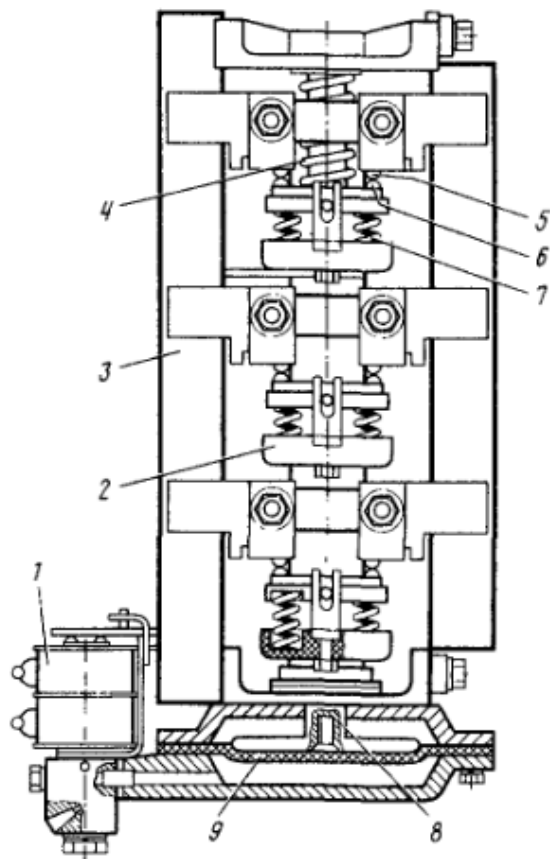
Исследование групповых переключателей

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы групповых переключателей.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Групповой контактор типа ПКГ-565 (ВШ1, ВШ2) применяется для подключения резисторов ослабления возбуждения тяговых электродвигателей. Контактор имеет диафрагменный привод 9, управляемый электропневматическим вентилем 1 (типа ВВ-3). Шток 8 привода (Рис. 3.1) с контактодержателем 2, на которых укреплены подвижные контакты 6 мостикового типа с пружинами 7, перемещается и замыкает главные контакты под воздействием пневматического привода. Неподвижные контакты 5 укреплены на пластмассовых контактодержателях, прикрепленных к уголкам 3. Неподвижные и подвижные контакты имеют металлокерамические накладки.



Размыкание контактов происходит под действием силы тяжести подвижных частей и отключающей пружины 4 при снятии напряжения с катушки вентиля 1. Вспомогательные контакты мостикового типа. Металлокерамические контакты допускают нагрев до 125 °С и выполнены без дугогасительного устройства, так как падение напряжения на обмотках возбуждения тяговых двигателей небольшое (до 20 В).

Рис. 3.1 Групповой контактор ПКГ-565

Технические данные контактора:

Ток номинальный, А	450
Напряжение номинальное, В	20
Число главных контактов	6
Нажатие контактов (конечное), Н	120×2
Раствор, мм	6
Провал, мм	4

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы групповых переключателей типа ПКГ-565.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы групповых контакторов типа ПКГ-565.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены групповые переключатели?
2. Перечислите основные части групповых переключателей.
3. Опишите принцип действия переключателей.

Лабораторная работа № 4

Исследование реверсора

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы реверсора.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Реверсор (ПР) предназначен для изменения направления движения тепловоза путем изменения направления тока в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей.

На реверсорах тепловозов применяется контактная система барабанного или кулачкового типа, а приводы поршневые и диафрагменные (поршневой привод для тепловозных реверсоров в настоящее время уже не выпускается).

Реверсоры включают в цепь обмоток возбуждения, а не в цепь якорей электродвигателей, так как в этом случае напряжение между контактами реверсора меньше, а, следовательно, и размеры аппарата получаются также меньшими.

На тепловозах применяются пневматические кулачковые переключатели типа ППК-8601, на 2ТЭ116 - ППК-8064, рассчитанный на ток 1000 А.

Групповой кулачковый переключатель (реверсор) типа ППК-8063 представлен на рис. 4.1. Схема работы кулачкового реверсора показана на рисунке 4.2.

Пневматический привод 3 реверсора (см. рис. 4.1) диафрагменного типа и кронштейн 9 связаны с шестью изолированными стойками 7. К четырем стойкам крепятся неподвижные контакты 5, а к двум - подвижные 2. Дистанционное управление приводом осуществляется с помощью электропневматических вентиляей.

Фигурные пластмассовые кулачковые шайбы 8 посажены на вал 1, который поворачивается приводом. Привод управляется электропневматическими вентилями 4 типа ВВ-32. Переключатель имеет устройство для ручного поворота и фиксации контактов в нейтральном положении. По числу тяговых электродвигателей переключатель имеет шесть электрических групп, каждая из которых состоит из четырех неподвижных контактов, укрепленных на стойках, и подвижных, смонтированных на двух качающихся рычагах 6. Каждый рычаг управляется одной кулачковой шайбой.

Переключения в обмотках возбуждения двигателей могут осуществляться только в обесточенном состоянии, так как реверсор не имеет дугогасящих

устройств. Управление реверсором производится реверсивной рукояткой контроллера машиниста.

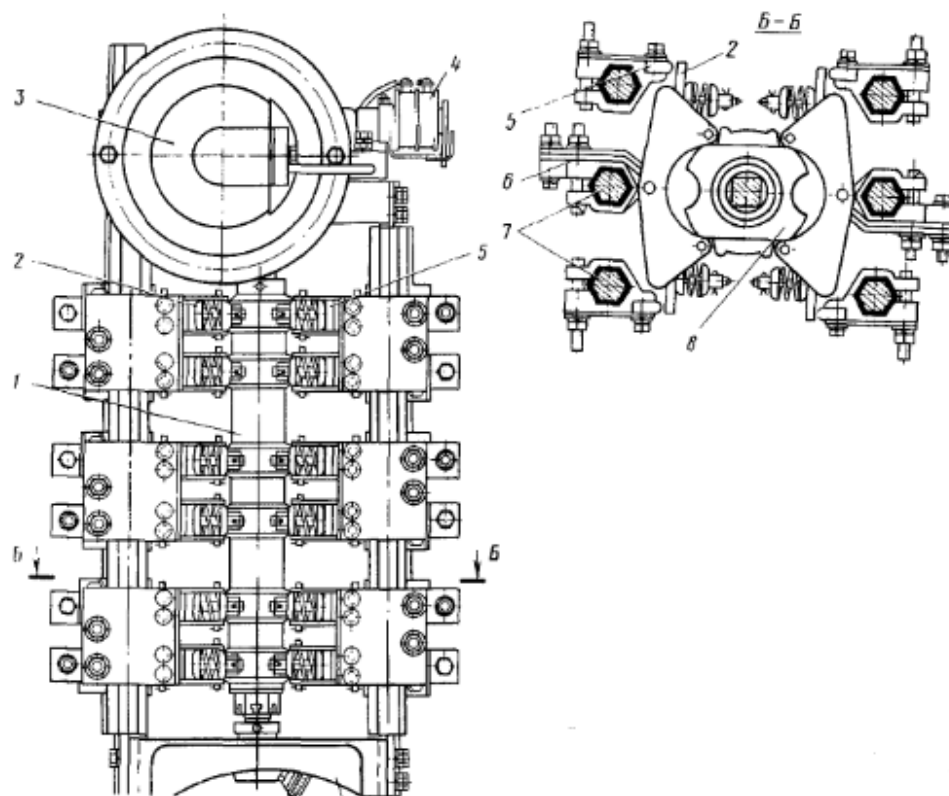


Рис. 4.1 Переключатель электропневматический кулачковый типа ППК-8063 (реверсор)

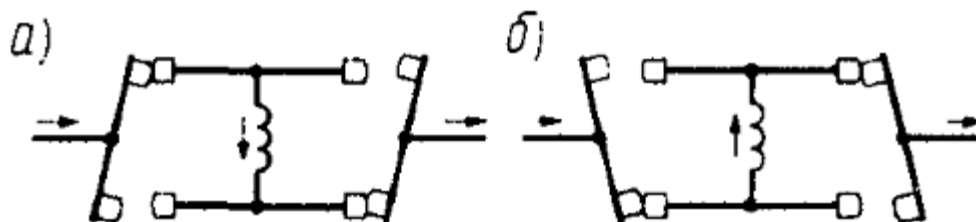


Рис. 4.2 Схема работы кулачкового элемента реверсора

Технические данные контактора:

Ток номинальный, А	1000
Напряжение номинальное, В	900
Число главных контактов	24
Нажатие контактов (конечное), Н	300
Раствор, мм	10
Провал, мм	3

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы реверсора.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы реверсора.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены реверсоры?
2. Перечислите основные части реверсоров.
3. Опишите принцип действия реверсора.

Лабораторная работа № 5

Исследование контроллера машиниста

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы контроллера машиниста.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Контроллер машиниста предназначен для управления передачей мощности тепловоза, частотой вращения вала дизеля и изменения направления движения тепловоза. Переключением реверсивной рукоятки 1 (рис. 5.1) контроллера машиниста изменяют направление движения тепловоза. Изменением положения штурвала 2 или главной рукоятки контроллера меняют частоту вращения вала дизеля, а, следовательно, и его мощность.

По конструкции различают контроллеры машиниста барабанные, кулачковые и бесконтактные.

В барабанных контроллерах (Рис. 5.1 а) замыкание и размыкание цепей проводов управления осуществляют сегментами 2 при повороте барабана 1 на определенный угол. К сегменту 2 прижимаются пальцы 3, которые соединены с соответствующими проводами цепи управления. Пальцы укреплены на стойке 4.

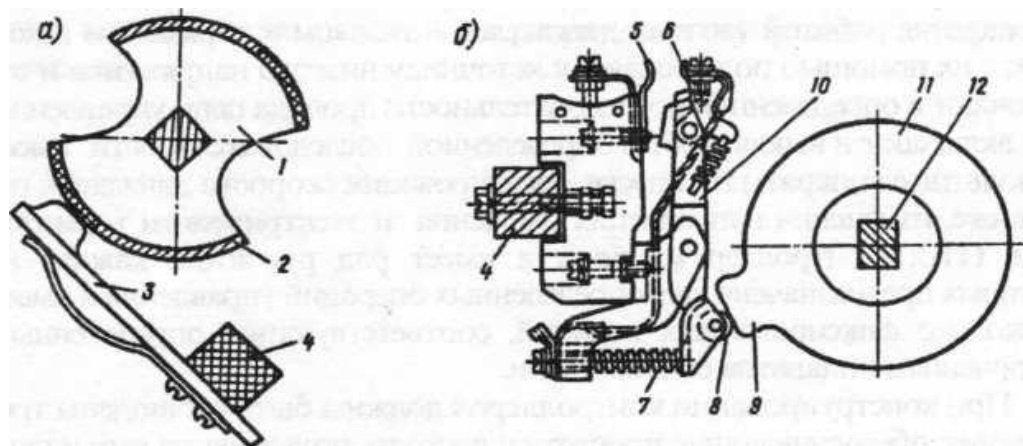


Рисунок 5.1 Схема барабанных и кулачковых контактов контроллеров машиниста

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭ10, 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В более раннего выпуска установлены контроллеры с ручным управлением типов

КВ-16А-12, КВ-1501, КВ-0801, которые отличаются друг от друга различным числом позиций. На тепловозах 2ТЭ116, 2М62 установлены контроллеры КВ-1552, на которых применена контактная система мостикового типа, а управление главным барабаном осуществляется штурвалом взамен главной рукоятки.

Контроллер (КМ) типа КВ-1552 (Рис. 5.2) состоит из корпуса 3, крышки, главного 6 и реверсивного 4 барабанов, кулачковых элементов (шайб) 7, реверсивной рукоятки 1 и штурвала 2. На вал главного барабана набираются кулачковые шайбы, при помощи которых замыкаются и размыкаются в определенной последовательности контактные элементы 5. Позиции главного и реверсивного барабанов фиксируются насаженными на их валы храповиками 12. Фиксация храповика происходит на каждой позиции штурвала или реверсивной рукоятки специальным рычагом 10, фиксатором 9 и пружинами 8 и 11. Фиксатор является одновременно механической блокировкой реверсивной рукоятки и штурвала, которая исключает перемещение реверсивной рукоятки на ходовых позициях штурвала главного барабана и поворот штурвала на нейтральном (нулевом) положении реверсивной рукоятки.

Реверсивная рукоятка съемная, она имеет три положения: «Вперед», «Назад» и нейтральное. Снять рукоятку можно только при нулевом положении штурвала. Контактный элемент мостикового типа с двойным разрывом контактов, состоит из пластмассового изолятора 17 и рычага 13, контактных болтов 14, мостиковых контактов 16, держателя и пружин 15, обеспечивающих начальное и конечное контактное нажатие. В рычаге имеется ролик, который, перемещаясь по поверхности кулачковой шайбы, включает или выключает контактный элемент.

Техническая характеристика КВ-1552.

Напряжение, В	110
Ток продолжительного режима, А	20
Раствор, мм	8 - 10
Провал, мм	2,0 - 3,0
Нажатие, Н	4 - 6
Угол поворота, град.:	
главного барабана	300
реверсивного барабана в обе стороны	35
Число кулачковых элементов главного барабана	11
Число элементов реверсивного барабана	8
Число позиций	15

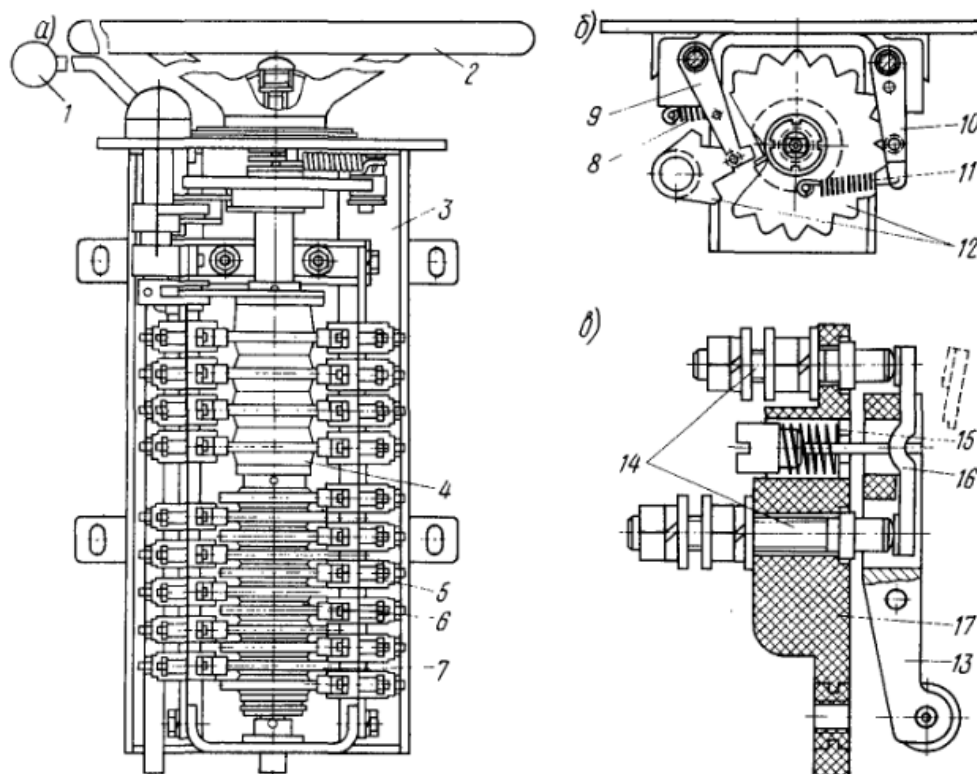


Рис. 5.2 Контроллер машиниста KB-1552

Порядок выполнения:

Ознакомьтесь с назначением, конструкцией и принципом работы контроллеров машиниста KB-1552.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы контроллера машиниста.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены контроллеры машиниста?
2. Перечислите основные части контроллера машиниста KB-1552.
3. Опишите принцип действия контроллера машиниста KB-1552.

Лабораторная работа № 6

Исследование реле давления масла

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы реле давления масла.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Реле давления масла (РДМ1, РДМ2) защищают детали дизеля от возможного задира трущихся поверхностей при понижении давления в масляной системе.

На тепловозах ТЭМ1 и ТЭМ2 устанавливается по одному реле давления масла, которые предназначены для остановки дизеля при падении давления масла ниже 160 кПа.

На тепловозах ТЭЗ типов 2ТЭ116 и др. применяется два реле давления масла: одно (РДМ1) контролирует давление масла на низших позициях контроллера, а другое РДМ2 на высших позициях.

На тепловозах типа 2ТЭ10Л при падении давления ниже 50 кПа дизель останавливается, а при уменьшении давления масла на высших позициях до 90-100 кПа - с дизеля снимается нагрузка.

Схема реле РДК-3 показана на рис.6.. При увеличении давления масла выше заданного значения рычаг 3 поворачивается против часовой стрелки (под действием давления Р), а его правый конец освобождает кнопку микропереключателя 8 и контакты замыкаются. Если давление уменьшилось, рычаг под действием пружины 4 начнет поворачиваться по часовой стрелке, и при достижении установленного давления правый конец рычага нажмет на кнопку микропереключателя и контакты разомкнутся. Настройка реле производится изменением затяжки пружины. После настройки винт 6 стопорится пробкой 7. Настройка реле на срабатывание 0-250 кПа.

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы реле давления масла РДК-3.

Содержание отчёта:

6. Цель работы.
7. Оборудование.

8. Описать назначение, конструкцию и принцип работы реле давления масла РДК-3.
9. Вывод.
10. Ответы на контрольные вопросы.

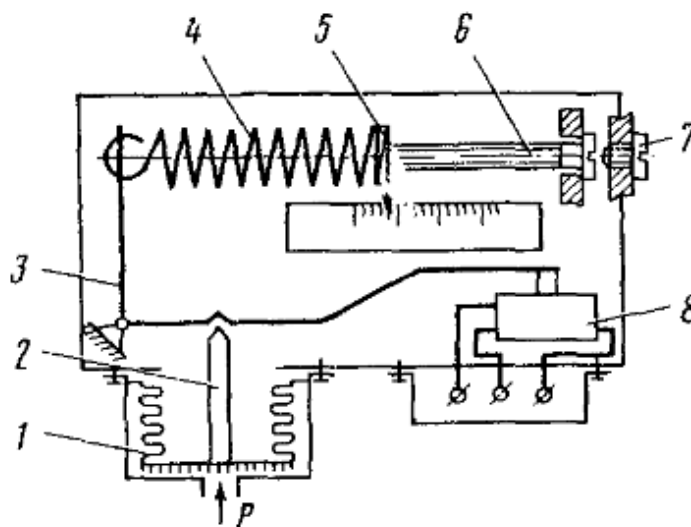


Рис. 6.1 Реле давления масла РДК-3

Контрольные вопросы:

4. Для чего предназначено реле давления масла РДК-3?
5. Перечислите основные части реле давления масла РДК-3.
6. Опишите принцип действия реле давления масла РДК-3.

Лабораторная работа № 7

Исследование аппаратов автоматизации процессов управления

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы аппарата автоматизации процессов управления.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Реле комбинированное (КРМ) контролирует давление масла в масляной системе дизеля и температуру воды и масла в системах тепловоза. Контакты реле в электрической схеме предотвращают пуск дизеля и снимают нагрузку с дизеля, если давление масла ниже допустимого, также снимается нагрузка с дизеля, если температура воды и масла в системе тепловоза достигла предельных значений.

Комбинированное реле изготавливают с датчиками давления или с датчиками температуры. Уставка срабатывания реле 0,01 - 1 МПа и 0 - 125 °С. Принцип действия реле основан на уравнивании силы, создаваемой давлением контролируемой среды на сильфон и пружину.

Реле, измеряющие температуру, имеют датчик, представляющий собой термобаллон, заряженный специальным наполнителем, который совместно с капиллярной трубкой и сильфоном образует герметичную термосистему. При изменении температуры контролируемой среды, окружающей термосистему, объем жидкости в ней изменяется и воздействует на сильфон. При повышении давления контролируемой среды сильфон 4 растягивается, преодолевая сопротивление пружины 6 (рисунок 1), и вместе с толкателем 5 перемещается вверх, нажимает на рычаг переключателя 9, контакты 8 переключаются. При уменьшении давления пружина сжимает сильфон, что приводит к обратному переключению контактов. Для настройки прибора служит винт 7. С 1985 г. вместо температурных реле КРМ на тепловозах устанавливают датчики - реле температуры Т-35.

Реле давления воздуха (РДВ) типа АК-11Б контролирует давление воздуха в тормозной магистрали. При давлении менее 0,35 МПа реле сбрасывает нагрузку с дизеля, чем предотвращает трогание тепловоза при недостаточном давлении воздуха в тормозной магистрали. Реле замыкает свои контакты при давлении воздуха свыше 0,5 МПа.

На рис. 7.1 реле показано в состоянии, когда давление воздуха мало и контакты реле разомкнуты. При увеличении давления воздуха мембрана 8 вместе со штоком 3 перемещаются влево, преодолевая усилия пружины 2 и

поворачивая рычаг 4 вокруг оси 7. Подвижной контакт 6 замыкается с неподвижным контактом 5, создавая цепь питания контакторов возбуждения генератора и возбuditеля. Реле регулируется на замыкание контактов винтом 1, а на размыкание винтом 5. Раствор контактов 6 - 12 мм.

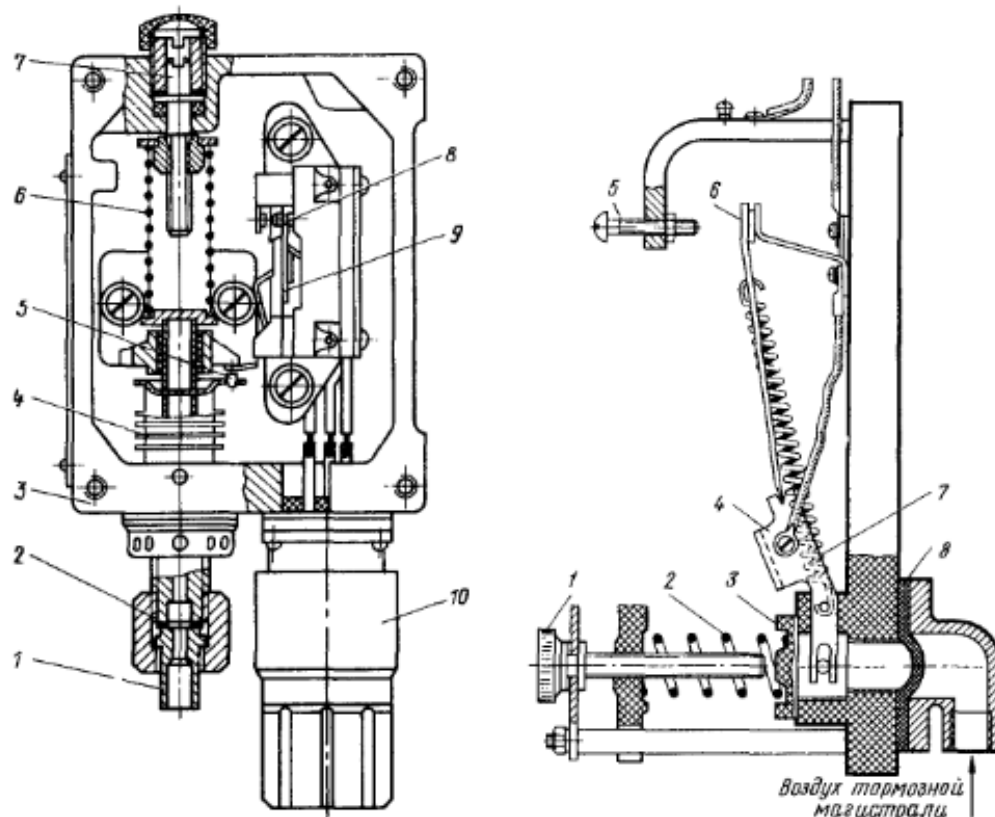


Рис. 7.1 Реле комбинированное КРМ (слева) и реле давления воздуха (справа)

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы аппаратов автоматизации процессов управления.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы аппаратов автоматизации процессов управления.
4. Вывод.
5. Контрольные вопросы.

Лабораторная работа № 8

Исследование защитных реле и реле управления

Цель работы: изучить конструкцию и принцип работы защитных реле и реле управления.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Реле боксования (РБ1, РБ2, РБ3) позволяет своевременно обнаружить боксование колесных пар, частично снять нагрузку с электродвигателей для прекращения боксования и подать сигнал машинисту о его возникновении.

Реле (Рис. 8.1) имеет незамкнутую магнитную систему. На кронштейне 3 смонтирована катушка 2 с коротким сердечником 12. Якорь 7 с вырезом в средней части качается на оси 8, проходящей через кронштейн. В нижней части к якорю винтом прикреплен плунжер 9, входящий внутрь катушки. Для предотвращения прилипания плунжера к сердечнику на торец плунжера припаивают латунный диск толщиной 0,33 мм. В верхней части к якорю на плоской пружине прикреплен двусторонний контакт 5 (перекидной).

При обесточенной катушке нижний коней якоря оттянут пружиной 11, а подвижной контакт 5 замкнут с задним неподвижным контактом 4. Когда ток проходит по катушке 2, создается поток, замыкающийся через сердечник 12, кронштейн 3, воздушный зазор между кронштейном и якорем, плунжер и воздушный зазор между плунжером и сердечником. Если поток достаточен для преодоления силы натяжения пружины, якорь притягивается к катушке. При этом подвижной контакт размыкается с неподвижным 4, питание катушки контактора возбуждения возбuditеля прекращается, одновременно замыкается подвижной контакт с неподвижным контактом 6, обеспечивая питание зуммера. Машинисту подаются звуковой и световой сигналы о боксовании колес.

Принцип обнаружения боксования основан на сравнении напряжений (при последовательном соединении двигателей) или токов (при параллельном включении) тяговых двигателей боксующей и небоксующей колесных пар.

Снижение тока в катушке вызывает уменьшение силы ее притяжения, и пружина возвращает якорь в первоначальное положение. Ток, при котором якорь отойдет от катушки, определяется тем, насколько усилился магнитный поток после срабатывания реле (поток увеличивается из-за уменьшения воздушного зазора между якорем и сердечником). Так как общий воздушный зазор по сравнению с зазором между якорем и сердечником достаточно велик, то уменьшение его мало сказывается на усилении магнитного потока. Следовательно, для отпадания якоря необходимо очень небольшое уменьшение тока, что весьма важно для правильной работы реле.

На современных тепловозах используется схема, показанная на рис. 8.1. Предположим, боксует колесная пара с тяговым электродвигателем 1; потенциал точки «а» уменьшится, и через катушку реле РБ потечет ток от точки с большим потенциалом «б» или «в» через диод Д2 (Д3), катушку РБ, диод Д4 к точке «а».

Рассматриваемая схема обнаруживает боксование, если имеется хотя бы одна боксующая колесная пара.

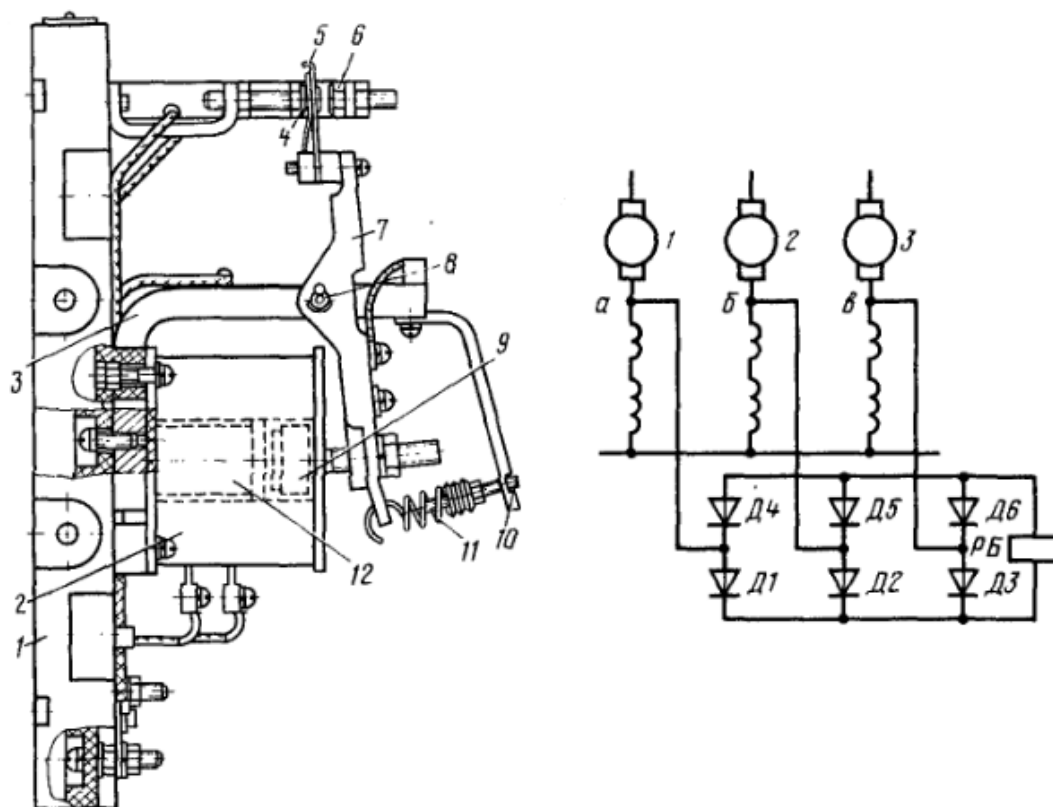


Рис. 8.1 Реле боксования типа РК-221

Реле управления (РУ). Реле предназначены для коммутации цепей управления. Реле управления типа Р-45М имеют различные модификации в зависимости от числа и типа контактов. Реле исполняют с двумя видами контактов пальцевыми и мостиковыми.

Якорь 3 (Рис. 8.2) реле свободно качается на кронштейне 4. Когда катушка 1 обесточена, пружина 6 отжимает якорь от сердечника 2, при этом контакты разомкнуты. Когда катушка обтекается током, якорь притягивается к сердечнику 2, преодолевая сопротивление пружины, при этом контакты 7 и 8 реле замыкаются.

Реле регулируют на необходимое значение тока срабатывания изменением затяжки пружины винтом 5. Пружина 9 служит для притирания контактов.

На тепловозах последних выпусков устанавливают реле управления типа ТРПУ-1. Оно рассчитано на напряжение до 110 В, допустимый ток

продолжительного режима контактов 5 А, имеет меньшие габаритные размеры и массу по сравнению с Р-45М. Реле связано с электрической схемой при помощи штепсельных разъемов.

Электромагнитное реле ТРПУ-1 (Рис. 8.2) состоит из скобы (магнитопровода) 7, катушки 5 с сердечником 6, якоря 9, замыкающих 1 и размыкающих 2 контактов. При прохождении тока по катушке якорь притягивается к сердечнику, и через траверсу 3 происходит замыкание или размыкание контактов. После снятия напряжения пружина 8 устанавливает якорь в исходное положение, при этом замыкающие контакты размыкаются, а размыкающие замыкаются. Ход якоря ограничивается угольником 4. Контакты реле имеют серебряные наплавки.

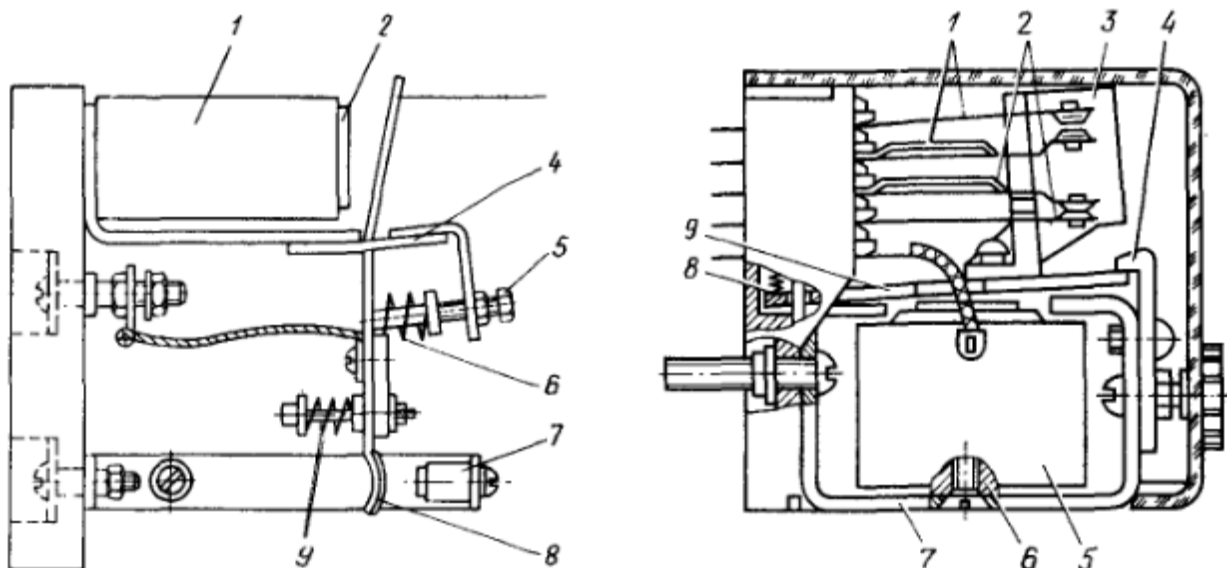


Рис. 8.2 Реле управления типа Р-45М (слева) и ТРПУ-1 (справа)

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы защитных реле и реле управления.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.

3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы защитных реле и реле управления.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены защитные реле и реле управления?
2. Перечислите основные части реле боксования.
3. Перечислите основные части реле управления.
4. Опишите принцип действия реле боксования.
5. Опишите принцип действия реле управления.

Лабораторная работа № 9

Исследование дифференциального реле.

Цель работы: изучить конструкцию, принцип работы и неисправности реле переходов.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

На современных тепловозах применяется дифференциальное реле РД-3010 (Рис. 9.1). На магнитопроводе (ярме) 1 П-образной формы укреплены катушки с сердечниками 5 и 3, токовая 6 и напряжения 2. Сердечник 5 токовой катушки с помощью винта может перемещаться для изменения воздушного зазора между якорем и сердечником 3. Якорь 4 Г-образной формы поворачивается на оси 9. При обесточенных катушках якорь прижимается пружиной 11 к упорному винту 12. Неподвижные контакты 7 реле установлены на изоляционной колодке, а подвижные 8 - на якоре. Реле имеет один замыкающий контакт с двойным разрывом. Раствор контактов регулируют перемещением неподвижных контактов, а совпадение центров замыкающих поверхностей - перемещением подвижных контактов на контактодержателе. Раствор контактов не менее 2 мм, а нажатие 4 Н. Контактная система закрыта прозрачным кожухом 10.

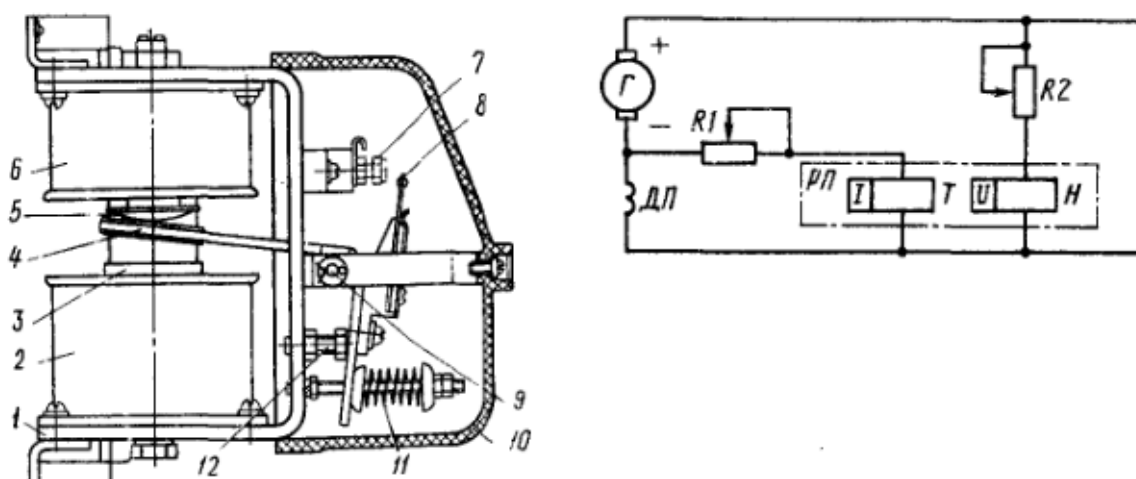


Рис. 9.1 Реле перехода

Катушка напряжения 11 (Рис. 9.1) через добавочный резистор R_2 включается на напряжение генератора Γ , так что ток в ней пропорционален напряжению тягового генератора. Токовая катушка T последовательно с добавочным резистором R_1 подключается параллельно обмотке добавочных

полюсов ДП генератора, т. е. ток в ней пропорционален току тягового генератора.

Реле срабатывает под воздействием электромагнитного усилия, создаваемого катушкой напряжения 2, которому противодействует усилие токовой катушки 6 и пружины 11 (см. рис. 9.1).

Катушка напряжения при возрастании тока в ней (напряжения генератора) вызывает срабатывание реле, а токовая катушка при возрастании тока в ней (тока тягового генератора) вызывает отпадание реле. Благодаря этому характеристики реле перехода имеют вид, показанный на рисунке 9.2. На этом рисунке характеристики реле нанесены на внешние характеристики тягового генератора, поскольку срабатывание и отпадание реле происходят в зависимости от определенного соотношения напряжения и тока генератора.

Верхняя часть характеристики (Рис. 9.2) является характеристикой срабатывания, т. е. в любой ее точке реле срабатывает и остается включенным до тех пор, пока не будет достигнута нижняя часть характеристики отпадания. Таким образом, в зоне I реле всегда включено, в зоне II реле всегда выключено, а в зоне III реле может быть и включено, и выключено в зависимости от того, в какой зоне (I или II) на внешней характеристике работала электропередача до этого. Как видно из рис. 9.2, срабатывание реле происходит тогда, когда напряжение генератора приближается к максимальному значению. В результате включения ослабления возбуждения (переключения двигателей) ток генератора скачком увеличивается вдоль гиперболической характеристики.

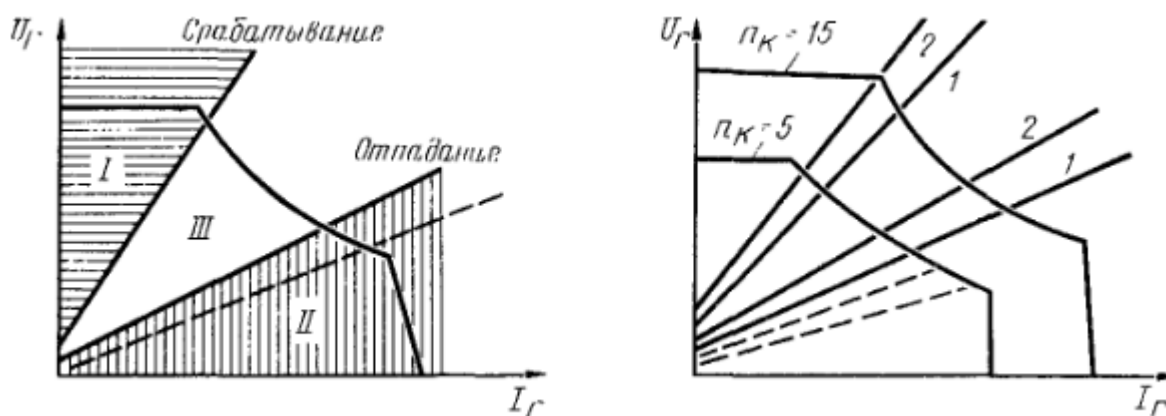


Рис. 9.2 Характеристики реле перехода

Схема должна быть настроена так, чтобы при возрастании тока не была достигнута характеристика отпадания. В противном случае реле вновь отпадет, что приведет к уменьшению тока до исходного значения и вызовет повторное срабатывание реле и т. д. Возникает так называемый звонковый режим, когда реле перехода и управляемые им контакторы включаются и выключаются с

большой частотой. Этот режим недопустим, поскольку нарушается нормальная работа электропередачи и обгорают контакты реле перехода и управляемых ими контакторов. Наклонные характеристики 1, 2 реле перехода позволяют удобно управлять переходом не только при крайнем положении рукоятки контроллера машиниста, но и на целой группе низших позиций. Однако на низших позициях опасность возникновения звонковой работы возрастает, поскольку интервал между характеристиками срабатывания и отпадания реле уменьшается.

Кроме того, встречаются случаи, когда звонковая работа возникает из-за того, что при включении ослабления возбуждения или переключении электродвигателей ток в переходном процессе возрастает больше, чем это определяется по параметрам электрической цепи, т. е. происходит «заброс» тока. В процессе заброса реле может отпасть, что приведет к звонковой работе. Это явление наблюдается не только на низших позициях, но и при крайнем положении рукоятки контроллера машиниста. Регулирование реле перехода на тепловозе производится с помощью резисторов R1 и R2 (см. рис. 9.1).

На тепловозах типа 2ТЭ116 и др. устанавливают два реле перехода, которые управляют включением и отключением 1-й и 2-й ступеней ослабления возбуждения (ОП1 и ОП2).

Характеристику первого и второго реле настраивают таким образом, чтобы они были несколько сдвинуты одна относительно другой (см. рис. 9.2). Благодаря этому вначале срабатывает реле первой ступени. Реле второй ступени включается после того, как напряжение генератора вновь поднимается по гиперболической характеристике при разгоне тепловоза с поездом. Реле второй ступени отпадает первым.

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы реле переходов.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, конструкцию и принцип работы реле переходов.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены реле переходов?
2. Перечислите основные части реле переходов.
3. Опишите характеристики реле переходов.
4. Опишите принцип действия реле переходов.
5. Что такое звонковая работа?

Лабораторная работа № 10

Исследование низковольтного электронного блока

Цель работы: изучить конструкцию, принцип работы низковольтного электронного блока

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

Тиристорный регулятор напряжения — РНТ-6. На тепловозах 2ТЭ116 устанавливают регуляторы РНТ-6 для поддержания постоянного напряжения стартер-генератора (110 В) при работе его в генераторном режиме. Регулятор состоит из измерительного и регулирующего устройства (Рис. 10.1).

Измерительное устройство включает в себя стабилитрон $СТЗ$, подключенный к делителю напряжения $R9$ и $R10$, питающемуся от стартер-генератора. В измерительном устройстве происходит сравнение регулируемого напряжения с эталонным стабилитроном $СТЗ$. Регулирующее устройство состоит из мультивибратора на тиристорах $T3$ и $T4$ и тиристорного усилителя $T1$ и $T2$. Тиристор $T2$ включен в цепь управляющего электрода силового тиристора $T1$.

Регулятор работает следующим образом. После пуска дизеля и включения контактора регулятора напряжения KPH обмотка возбуждения стартер-генератора $ОВ$ включается в цепь тиристора $T1$. Выходное напряжения делителя управляет работой мультивибратора, который имеет два режима: автоколебательный и заторможенный.

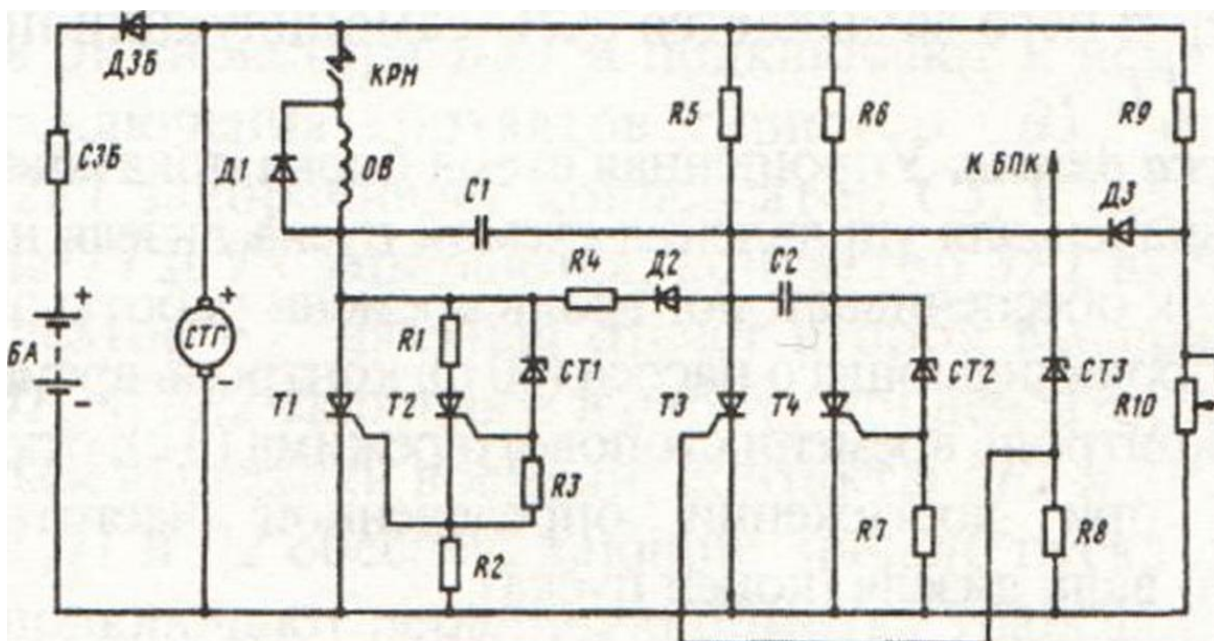


Рис. 10.1 Схема бесконтактного регулятора напряжения РТН-6:

СТГ — стартер-генератор; ОВ — обмотка возбуждения СТГ; КРН — контактор регулятора напряжения; ДЗБ — диод заряда батареи; Т1-Т4 — тиристоры; БА — батарея аккумуляторная; Д1-Д3 — диоды; С1-С2 — конденсаторы; СТ1-СТ3 — стабилитроны; R1-R10 — резисторы

Автоколебательный режим наступает при напряжении стартер - генератора, превышающем 110 В. При этом напряжение делителя, приложенное к диоду Д3, больше опорного напряжения стабилитрона СТ3 и он пробивается. Вследствие этого появляется ток в цепи электрода управления тиристора Т3, и он отпирается. Через силовые электроды тиристора происходит заряд конденсатора С2 до значения, вызывающего пробой стабилитрона СТ2, в цепи электрода управления тиристора Т4 появится ток и Т4 откроется. Произойдет разряд конденсатора С2, напряжение обратной полярности прикладывается к Т3 и закрывает его, т.е. мы имеем автоколебательный режим работы. Этому режиму соответствует закрытое состояние тиристоров Т1 и Т2.

Когда напряжение стартер-генератора станет ниже 110 В, напряжение на выходе станет ниже опорного напряжения СТ3, мультивибратор затормаживается в положении: тиристор Т4 открыт, а тиристор Т3 закрыт. Срыв автоколебательного процесса мультивибратора приводит к появлению тока в

цепи $CT1$, а следовательно, к включению тиристора $T2$. При включении $T2$ ток поступает на электрод управления $T1$ и он закрывается. Ток в обмотке OB растёт, и напряжение стартер-генератора повышается, а при повышении его выше 110 В тиристор $T1$ закрывается. Частота включения $T1$ определяется параметрами контура регулирования. Конденсатор $C1$ предназначен для закрытия тиристорov $T1$ и $T2$. Диод $Д1$ уменьшает пульсации тока в обмотке возбуждения OB , через него замыкается ЭДС самоиндукции при закрытии тиристора $T1$.

Порядок выполнения:

Ознакомиться с назначением, электрической схемой и принципом работы низковольтного электронного блока.

Содержание отчёта:

6. Цель работы.
7. Оборудование.
8. Описать назначение, конструкцию и принцип работы низковольтного электронного блока.
9. Вывод.
10. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

6. Для чего предназначены регуляторы напряжения?
7. Перечислите основные части электрической схемы низковольтного электронного блока регулятора напряжения.
8. Опишите принцип действия низковольтного электронного блока регулятора напряжения.

Лабораторная работа № 11

Исследование токоведущих частей тепловоза (провода, кабели и шины).

Цель работы: изучить токоведущие части тепловоза (провода, кабели и шины), применяемые в силовых цепях и цепях управления.

Оборудование: плакаты, мультимедийный проектор.

Краткие теоретические сведения:

1. Провода и кабели подразделяют

а) по типу изделия:

- провод для подвижного состава (ППС);

- кабель для подвижного состава (КПС);

б) по виду материала изоляции и оболочки:

- резина (Р);

- кремнийорганическая резина (К);

- термоэластопласт (Т);

- термоэластопласт поливинилхлоридный (В).

Допускается применение других материалов, обеспечивающих соответствие проводов и кабелей требованиям стандарта, а также введение в обозначение марки дополнительных букв с расшифровкой их в технических условиях на кабели и провода конкретных марок;

в) по наличию металлического экрана:

- без экрана (без обозначения);

- с экраном (Э);

г) по наличию оплетки:

- без оплетки (без обозначения);

- с оплеткой (О);

д) по исполнению в части показателей пожарной опасности:

- не распространяющие горение при групповой прокладке - нг(А);

- не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении - нг(А)-НГ;

- не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении, с низкой токсичностью продуктов горения - нг(А)-НГLTx;

- не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением - нг(А)-LS;

- не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением, с низкой токсичностью продуктов горения - нг(А)-LSLTx.

2. Номинальные напряжения должны соответствовать:

- для кабелей - 660 В переменного тока частотой до 400 Гц (1000 В постоянного тока);

- для проводов - 660, 1000, 2000, 3000, 4000 В переменного тока частотой до 400 Гц (1000, 1500, 3000, 4500, 6000 В постоянного тока).

3. Длительно допустимую температуру нагрева жил устанавливают в технических условиях на кабели и провода конкретных марок, но не ниже 90 °С.

4. Число токопроводящих жил устанавливают из рядов:

- 1 - для проводов;

- 2, 3, 4, 5, 7, 12, 16, 19, 24, 27, 33, 37 - для кабелей.

5. Номинальное сечение токопроводящих жил устанавливают из рядов:

- 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300 мм² - для проводов;

- 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70 мм² - для кабелей.

6. Обозначение марок проводов и кабелей должно соответствовать следующей структуре:



Примеры обозначений марок проводов и кабелей:

- провод для подвижного состава с изоляцией из термоэластопласта самозатухающего, в оболочке из термоэластопласта поливинилхлоридного самозатухающего, не распространяющий горение по категории А, — ППСТВнг(А);

- кабель для подвижного состава с изоляцией и оболочкой из кремний-органической резины, в оплетке из неметаллических нитей, пропитанных

лаком, не содержащих галогенов, не распространяющий горение по категории А, - КПСКОнг(А)-НФ.

Допускается вводить в обозначение марки дополнительные буквы с расшифровкой их в технических условиях на кабели и провода конкретных марок.

7. В условное обозначение кабелей и проводов должны входить:

- марка кабеля или провода (для кабелей и проводов с жилами из медных луженых проволок добавляют букву "л");
- через дефис климатическое исполнение;
- через интервал группа цифр, обозначающих число и (после знака умножения) номинальное сечение жил;
- через интервал номинальное напряжение;
- через интервал обозначение технических условий на кабель или провод конкретной марки.

Примеры условных обозначений:

- провода марки ППСТВнг(А) в климатическом исполнении Т, с одной жилой номинальным сечением $0,75 \text{ мм}^2$, на номинальное напряжение 1000 В переменного тока: Провод ППСТВнг(А)-Т 1х0,75 1000 ТУ;

- кабеля марки КПСКОнг(А)-НФ в климатическом исполнении УХЛ с четырьмя жилами из медных луженых проволок номинальным сечением 35 мм^2 , на номинальное напряжение 660 В переменного тока: Кабель КПСКОлнг(А) - НФ-УХЛ 4х35 660 ТУ.

Порядок выполнения:

Изучить токоведущие части тепловоза (провода, кабели и шины), применяемые в силовых цепях и цепях управления.

Содержание отчёта:

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Описать назначение, классификацию и маркировку проводов, кабелей и шин, применяемых на тепловозе.
4. Вывод.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как подразделяют провода и кабели?
2. Что должно входить в условное обозначение кабелей и проводов?
3. Каким требованиям должны удовлетворять кабели и провода?

Список литературы.

Основные источники:

1) Курс лекций по ПМ.01, МДК.01.01 тема 1.5 Электрооборудование тепловозов и дизель-поездов для студентов специальности 23.02.06 Составитель: преподаватель филиала СамГУПС Локтионов О.Б., 2020г.

Дополнительные источники:

1) Белозеров И.Н., Балаев А.А., Баженов А.А. Электрическое оборудование тепловозов и дизель-поездов: учеб. пособие. – М.: ФГБУДПО «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 72 с.

2) Устройство и ремонт тепловозов: Учебник для нач. проф. образования / Л. А. Собенин, В. И. Бахолдин, О. В. Зинченко, А. А. Воробьев. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 416 с.

3) Электрооборудование тепловозов: Справочник/В.С. Марченко, А.А. Сергеев, В.Т Иванченко и др. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. - 248 с: ил

4) Тепловоз ТЭМ2: Руководство по эксплуатации и обслуживанию ПО «Брянский маш - строит, з-д». Изд 2-е, перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1983 — 239 с.

5) Рудая К. И., Логинова Е. Ю. Тепловозы. Электрическое оборудование и схемы. Устройство и ремонт: Учеб. для техн. шк.— М.: Транспорт, 1991. 303 с.