

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ТЯГОВЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ»

Протокол №___ от _____ 201__ г.

Автор: _____

**ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Тяговые аппараты и электрическое оборудование

Уровень ВО: *Специалитет*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *6*

Специальность/Направление: *23.05.03 Подвижной состав железных дорог
(ПСС)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *(ПЭ) Электрический
транспорт железных дорог*

Москва

Составитель: канд. техн. наук доц. Е.П. Капустина

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед проведением лабораторных работ студенты должны быть проинструктированы о действующих правилах и нормах по технике безопасности.

Основные правила техники безопасности при нахождении в лаборатории и выполнении лабораторных работ:

1. Перед началом работ следует ознакомиться с методическими указаниями по их проведению.

2. Перед включением лабораторного оборудования изучить его устройство, ознакомиться с правилами пользования и способами включения и выключения в электрическую сеть.

3. До начала сборки цепи убедиться в том, что выключатель на стенде или источнике питания находится в выключенном положении.

4. Соединение приборов проводить с помощью стандартных соединительных проводов.

Не допускается использование приборов и аппаратов с неисправными зажимами, проводов с поврежденной изоляцией, неисправных резисторов, измерительных приборов и другого оборудования.

5. После ознакомления с лабораторным оборудованием получить у преподавателя разрешение на его включение. Первое включение напряжения должно проводиться в присутствии преподавателя или лаборанта.

6. Запрещается:

- оставлять без наблюдения оборудование, включенное в электрическую сеть.
- прикасаться руками к зажимам, находящимся под напряжением. Наличие напряжения на зажимах приборов или элементов схемы следует проверять измерительным прибором.

- производить пересоединения в цепи, находящейся под напряжением.

7. Изменение в схеме или устранение причины неисправностей можно проводить только после отключения источников питания.

8. На лабораторном столе должно быть только оборудование, необходимое для выполнения данной работы.

9. После окончания исследований и измерений, полученные результаты нужно показать преподавателю и получив разрешение, отключить оборудование от источников питания.

10. Закончив работы, лабораторное оборудование необходимо установить на отведенное место.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРИВОД. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель работы:

Изучить, назначение конструкции, принцип действия электромагнитного и электропневматического контактора.

Основные сведения. На ЭПС магистральных железных дорог и метрополитена применяют исключительно косвенные (дистанционные) системы управления. Аппараты в таких системах имеют приводы, управляемые дистанционно с помощью вспомогательных электрических цепей. Питание этих цепей обычно производится от аккумуляторной батареи, генератора или выпрямителя напряжением 24-110 В.

Косвенные системы значительно упрощают управление сложными силовыми цепями современных электровозов и моторных вагонов, оборудованных мощными двигателями и имеющих большое число ступеней регулирования, как в тяговом, так и в тормозном режиме. При таких системах в кабине машиниста нет высоковольтных аппаратов; проще разместить аппараты управления на электровозе или моторном вагоне; становится возможной автоматизация процессов пуска и торможения, а также управление с любого поста несколькими электровозами при двойной или многократной тяге либо несколькими моторными вагонами, входящими в состав электропоезда, - так называемое *управление по системе многих единиц*.

По конструкции аппаратов контактные системы косвенного управления можно разделить на три вида: с индивидуальными контакторами, с групповыми контакторами (групповые системы) и индивидуально-групповые системы (смешанные).

В системах с индивидуальными контакторами аппараты управления состоят из комплекта конструктивно самостоятельных выключателей, так называемых индивидуальных контакторов, каждый из которых снабжен отдельным включающим механизмом - приводом и устройством электромагнитного дугогашения. Такой контактор производит простейшую операцию - замыкание и размыкание каких-либо двух точек цепи. Кинематическая схема контактора должна обеспечивать определенное расстояние между подвижным и неподвижным контактами при полном их размыкании, называемое раствором, а для контактов с предварительным нажатием - возможность перемещения подвижного контакта из положения первоначального соприкосновения контактов в положение предельного перемещения при устранении неподвижного контакта (это перемещение называют провалом) и необходимый пережат подвижного контакта по неподвижному в процессе притирания. Минимальный раствор ограничен условиями надежного дугогашения

при малых токах. Провал должен обеспечивать надежную работу контактов при их износе, либо необходимый процесс притирания контактов при их замыкании. Перекат, сопровождающийся небольшим скольжением подвижного контакта по неподвижному выбирают исходя из необходимости удаления рабочей поверхности соприкосновения от поверхности, связанной с дугой при размыкании контактов, и снятия окислов с контактов в процессе их замыкания. При замыкании подвижный контакт катится по неподвижному и одновременно скользит по нему, в результате чего расстояние перемещения по неподвижному контакту меньше, чем по подвижному. Для обеспечения описанного процесса включения в тяговых аппаратах обычно применяют кинематическую систему с притирающей пружиной. На первой стадии включения происходит сближение контактов до их соприкосновения. Дальнейшее движение сопровождается перекачиванием подвижного контакта по неподвижному с проскальзыванием по поверхности, т. е. с притиранием.

По типу привода индивидуальные контакторы разделяют на электромагнитные и электропневматические.

Приводом для электромагнитных контакторов служит электромагнит с подвижным якорем или соленоид с подвижным сердечником (рис.4.1).

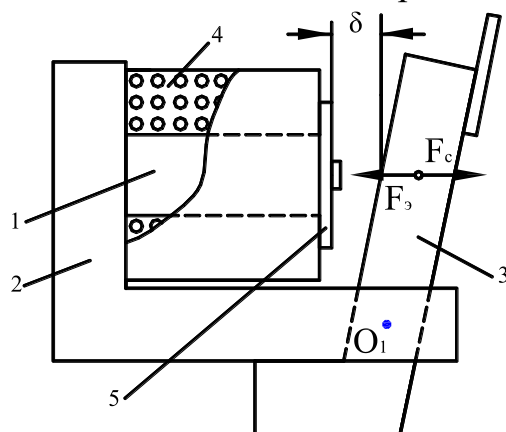


Рис. 4.1

Якорь или подвижной сердечник при включении цепи катушки привода перемещается под действием магнитного потока и с помощью промежуточной рычажной системы производит замыкание контактов контактора (рис.4.2).

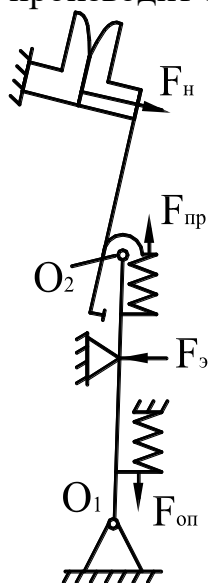


Рис. 4.2

Электромагнитные контакторы применяют преимущественно во вспомогательных цепях.

В приводах *электропневматических контакторов* цилиндр привода сообщают с источником сжатого воздуха. В пневматических приводах сжатый воздух давит на поршень, движение которого передается подвижным контактам аппарата через промежуточные механизмы (рис 4.3). Пневматические приводы при относительно большом давлении воздуха имеют меньшие габариты, чем электромагнитные, и требуют меньшего расхода энергии для поддержания необходимой силы N , действующей на подвижную часть аппарата.

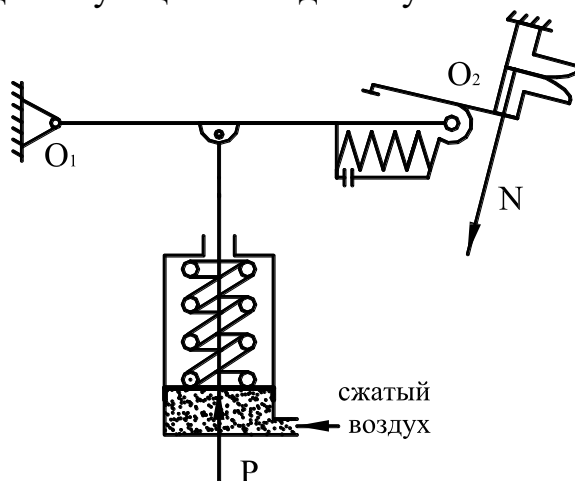


Рис. 4.3

Катушка электромагнитного привода должна непрерывно получать питание; в электропневматическом приводе достаточно поддерживать постоянное давление на поршень, при этом энергия в основном расходуется на восполнение утечек сжатого воздуха. Существенное преимущество пневматического привода состоит также в том, что он может обеспечить большие перемещения подвижных частей аппарата при относительно постоянном давлении сжатого воздуха.

Пневматические приводы получили широкое применение в силовых индивидуальных контакторах, переключающих групповых аппаратах; их используют для подъема и опускания токоприемников, а также для управления различными вспомогательными устройствами. Различают пневматические приводы по конструкции и числу поршней, числу фиксированных позиций, способу их фиксации в виду механизма, передающего движение контактам аппарата.

Простейший пневматический привод, применяемый в индивидуальных контакторах, конструктивно представляет собой цилиндр с поршнем и пружиной, под действием которой поршень при отсутствии сжатого воздуха перемещается вниз. Когда в цилиндр подается сжатый воздух, поршень, преодолевая противодействие пружины, перемещается вверх. Движение поршня передается рычагу контакта через изоляционную тягу.

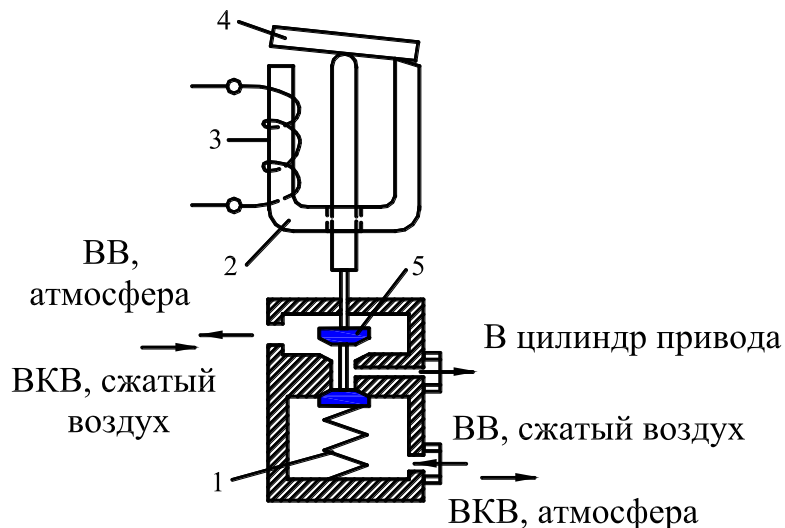


Рис. 4.4

Впуск и выпуск сжатого воздуха осуществляется с помощью электропневматических вентилях. Различают вентили включающие и выключающие. Принцип действия вентилях пояснен на рисунке 4.4. При подаче напряжения на катушку вентиля 3 якорь 4 притягивается электромагнитом 2, в результате пневматические клапаны 5, преодолевая натяжение пружины 1, перемещаются вниз. Нижним клапаном (во включающем вентиле ВВ) цилиндр привода соединяется с резервуаром сжатого воздуха, а верхним - прерывается соединение цилиндра с атмосферой. В выключающем вентиле ВКВ при возбужденной катушке нижний клапан, открываясь, соединяет цилиндр привода с атмосферой, а верхний прерывает соединение его с резервуаром сжатого воздуха. Пневматический привод в сочетании с электропневматическими вентилями принято называть электропневматическими. Технические данные контактора типа ПК-31 приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Номинальное напряжение	300В
Ток продолжительного режима работы	500А
Разрыв контактов	$(24-27)10^{-3}\text{м}$
Нажатие	270Н
Нажатие от притирающей пружины начальное конечное	35-50Н 55-70Н
Номинальное напряжение на катушке вентиля	50В
Сопротивление катушки при 15 ⁰ С	340Ом
Давление сжатого воздуха в цилиндре: номинальное в момент касания контактов при включении в момент полного прижатия в момент отставания контактов в момент отпадания контактов	5*10 ⁵ Па 2,8*10 ⁵ Па 3,75*10 ⁵ Па 1,5*10 ⁵ Па 0,7*10 ⁵ Па

Внутренний диаметр цилиндра	$45 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
Масса подвижной системы контактора	4,5кг
Масса контактора	29кг

Катушки электромагнитных контакторов или вентилях пневматических контакторов питаются током низкого напряжения. Включение и выключение контакторов и, следовательно, все переключения в силовых цепях производится замыканием и размыканием цепей питания катушек приводов. Таким образом, управление ЭПС сводится к переключениям в цепях управления, выполняемым контроллером машиниста (КМ).

Порядок выполнения работы

ИСЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОНТАКТОРА

1. Ознакомиться с устройством стенда. На стенде установлен электропневматический контактор с устройством для блокировочных контактов. К контактору подведен сжатый воздух. Для измерения давления (минимального) сжатого воздуха, при котором происходит включение и отключение электропневматических контакторов, на стенде имеется манометр и вентили I и II. При перекрытии воздушной магистрали вентиля I давление в резервуаре, от которого питаются сжатым воздухом контактор, можно плавно понижать с помощью вентиля II (при его открытии сжатый воздух из резервуара выходит в атмосферу). Плавное повышение давления в резервуаре достигается при закрытии вентиля II и плавного открытия вентиля I, до величины давления в воздушной магистрали ($5 \cdot 10^5 \text{ Па}$).

Питание электропневматических вентилях контакторов осуществляется напряжением 50В постоянного тока, которое подается на стенд выключателем. Для регулирования напряжения на катушке электропневматического вентиля на стенде имеется реостат, включаемый по схеме потенциометра. Измерение тока и напряжения на катушке осуществляется с помощью амперметра и вольтметра.

2. Ознакомиться с конструкцией контактора. Произвести внешний осмотр контактора и оценить его состояние и соответствие разрыва, притирания, провала, касания контактов основным техническим данным.

Оценку состояния контактных поверхностей делают по результатам внешнего осмотра. Разрыв контактов измеряют линейкой по кратчайшему расстоянию между ними при разомкнутом контакторе.

Притирание контактов проверяют измерением перемещения подвижного контакта по неподвижному, начиная от момента соприкосновения контактов до полного их прижатия при включении контактора. Касание контактов по их ширине при включенном контакторе проверяют по отпечатку, полученному с помощью копировальной бумаги.

3. Определить минимальное напряжение включения и отключения вентиля при номинальном давлении сжатого воздуха. Для этого в цепи включения катушки электропневматического вентиля регулировать напряжение с помощью

потенциометра.

Качество сборки и надежность работы привода характеризуются минимальным напряжением, необходимым для включения электропневматического вентиля. По техническим условиям вентиль должен включаться при напряжении на его катушке не ниже 30 В.

Работу пневматического привода проверяют, измеряя давление воздуха, необходимое для включения контактора и поддержания его во включенном состоянии, а также давление в момент отпадания контактов. Моменты соприкосновения и отпадания контактов определяются зажатием между ними листа бумаги. Полное прижатие и отставание контактов устанавливают по прекращению движения контакта или зажатию листа бумаги упором притирающего рычага.

4. Проверить работу пневматического привода, для чего включить электропневматический вентиль и, постепенно увеличивая краном воздушной магистрали давление воздуха в цилиндре контактора, определить по манометру давление воздуха при соприкосновении и при полном прижатии контакторов. Затем, уменьшая давление воздуха, определить давление в моменты оттирания и отпадания контактов. Для определения всех усилий применяют динамометр, прикрепленный при помощи тяги к подвижному контакту.

Определение силы выключающей пружины, нажатия контактов и силы трения подвижной системы производят при включенном контакте.

После установки требуемого давления в цилиндре привода контактора вращают гайку винта натяжения динамометра, натягивая его до освобождения листа бумаги, зажато между контактами, и записывают значение усилия при размыкании; затем постепенно отпускают винт и записывают значение усилия при соприкосновении в момент зажатия листа между контактами.

Трение в системе, усилие выключающей пружины и нажатие контактов определяют расчетным путем из условия равновесия подвижной системы:

при соприкосновении контакторов уравнение равновесия сил имеет вид:

$$P - N_2 - T - G - F_{\text{пр}} = 0,$$

откуда сила включения пружины равна

$$F_{\text{пр}} = P - N_2 - T = 0;$$

при размыкании контактов

$$P - N_1 + T - G - F_{\text{пр}} = 0,$$

откуда

$$F_{\text{пр}} = P - N_1 + T - G,$$

где P – сила, действующая на поршень,

$$P = \frac{\pi d^2 \cdot 10^2}{4} p \cdot 9,81, \text{ Н};$$

p – давление в цилиндре по манометру, 10^5 Па ;

d – внутренний диаметр цилиндра, мм;

N_1 – показания динамометра при размыкании контактов, Н;

N_2 – показания динамометра при соприкосновении контактов, Н;

T – сила трения в подвижной системе, $T = (N_1 - N_2)/2$, Н;

N – нажатие без учета трения в системе (рабочее нажатие)

$$N=(N_1-N_2)/2, \text{ Н};$$

$F_{\text{пр}}$ – сила выключающей пружины, Н;

G – вес подвижной системы контактора.

Силу нажатия притирающей пружины P_F определяют при выключенном контакторе. Притирающая пружина действует на держатель подвижного контакта и вызывает его поворот вокруг оси вращения, расположенного на рычаге подвижного контакта.

Притирающая пружина имеет начальное нажатие, при помощи которого держатель подвижного контакта прижат к упору на рычаге (вверху). Для определения силы этого нажатия пружины подкладывают лист бумаги между рычагом и держателем и динамометром. Вызывают поворот держателя вокруг оси, освобождения закрепленный лист бумаги. Момент его освобождения соответствует начальной силе нажатия пружины.

При дальнейшем повороте держателя подвижного контактора притирающая пружина сжимается и увеличивает давление на него. Конечное давление будет определяться при упоре держателя в нижнюю часть рычага подвижного контакта.

Учитывая, что l_D – плечо силы, измеренной динамометром до оси вращения подвижного контакта, а l_F – плечо силы пружины до оси вращения подвижного контакта, силу пружины P_F определяют из уравнения моментов относительно оси вращения подвижного контакта

$$P_F = P_D l_D / l_F.$$

5. Определить минимальное давление $p_{\min}$ воздуха, при котором контактор включается. Определить время включения $t_{\text{вкл}}$ контактора при давлении в сети p от $p_{\min}$ до $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ шагом $0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Построить график зависимостей $t_{\text{вкл}} = f(p)$. На основании п.5 сделать выводы о влиянии давления воздуха в приводе электропневматического на время включения контактора.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТАКТОРА

Исследование производится на стенде, схема которого приведена на рис.4.5. На схеме - лабораторный автотрансформатор ЛАТР, понижающий трансформатор и выпрямительный мост, выходное напряжение которого подается на катушку контактора.

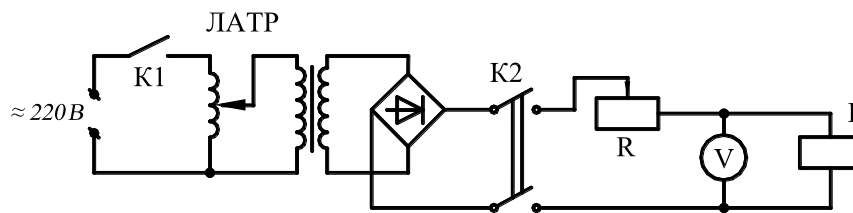


Рис. 4.5

1. Органы управления стенда установить в исходное положение:

Выключатель питания стенда K1 – выключено,

Регулятор ЛАТРа – 0.

2. Нажимая на якорь контактора вручную, проследить за перемещением линии контактирования подвижного и неподвижного контакта при включении и при отключении контактора. Почему при притирании контактов в процессе включения контактора происходит удаление окисных пленок с их поверхностей?

Дать описание схемы, приведенной на рис.4.6.

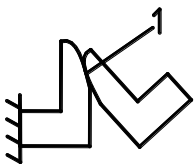


Рис. 4.6.a

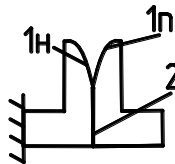


Рис. 4.6.б

3. Отрегулировать начальное натяжение отключающей и притирающей пружины таким образом, чтобы механическая характеристика контактора совпадала с характеристикой, показанной на лицевой панели лабораторного стенда (рис 4.7). Для измерения механической силы F_m , противодействующей движению якоря при включении контактора, нужно нажимать динамометром на якорь по линии действия электромагнитной силы F_z , проходящей по оси сердечника. Показания динамометра фиксировать в момент начала движения якоря при начальном рабочем воздушном зазоре δ_0 и в момент начала продолжения движения якоря при зазоре δ_c .

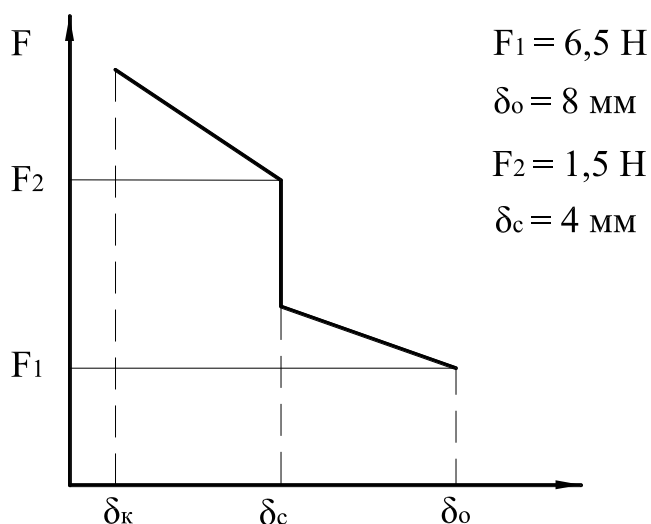


Рис. 4.7

4. Включить питание стенда и, постепенно повышая напряжение на катушке, определить напряжение $U_{\text{вкл}}$, при котором контактор включается.

5. Увеличить напряжение на катушке до номинального напряжения питания цепей управления 50 В и, постепенно уменьшая напряжение на катушке, определить напряжение $U_{\text{откл}}$, при котором контактор отключается. Объяснить, почему больше $U_{\text{вкл}}$, чем $U_{\text{откл}}$. Рассчитать величину коэффициента возврата

$$K_B = U_{\text{откл}} / U_{\text{вкл}}$$

Регулятор ЛАТРа вернуть на 0, выключить питание стенда.

6. Изменяя начальное натяжение отключающей пружины $F_{\text{по}}$, получить точки зависимости $U_{\text{вкл}}(F_{\text{по}})$.

Для определения $F_{\text{по}}$ нужно при выключенном питании стенда нажимать динамометром на якорь по линии действия электромагнитной силы. Показания динамометра фиксировать в момент начала движения якоря. Это движение начинается тогда, когда момент силы $U_{\text{вкл}}$, сравняется с моментом силы $U_{\text{вкл}}$, (силами трения и веса подвижных частей пренебрегаем)

$$F_{\text{дин}} l_{\text{дин}} = F_{\text{по}} l_{\text{п}}$$

где $l_{\text{дин}}$ и $l_{\text{п}}$ - плечи силы динамометра и силы пружины.

Плечи сил нужно измерить и из условия равенства моментов сил рассчитать $F_{\text{по}}$.

В диапазоне, который обеспечивает регулятор $F_{\text{по}}$, нужно получить три-четыре точки зависимости $U_{\text{вкл}}(F_{\text{по}})$. Последовательность операций при проведении опытов продумайте самостоятельно.

Результаты измерения $U_{\text{вкл}}$, $F_{\text{дин}}$ и расчета $F_{\text{по}}$ свести в таблицу и построить график зависимости $U_{\text{вкл}}(F_{\text{по}})$. Пример расчета $F_{\text{по}}$ привести в отчете по лабораторной работе.

После окончания опытов п.6 восстановить регулировку отключающей пружины так, как указано в п.3.

7. Определить силу притирающей пружины при включенном контакторе. Для этого подать на катушку контактора напряжение 50 В и нажимать на рычаг

подвижного контакта перпендикулярно линии действия силы притирающей пружины $F_{\text{пн}}$. Показания динамометра $F_{\text{дин}}$ фиксировать в момент появления зазора между подвижным и неподвижным контактом. Составить расчетную кинематическую схему, показать действующие на рычаг силы и их плечи и, исходя из равенства моментов этих сил, рассчитать силу $F_{\text{пн}}$.

8. Используя полученную в п.7 величину $F_{\text{пн}}$, рассчитать силу нажатия контактов. Для этого составить новую расчетную кинематическую схему, на которой показать действующие на рычаг подвижного контакта силы и их плечи.

Объяснить, почему на расчетной схеме нужно показать силу упругой деформации неподвижного контакта (силу реакции опоры), а не силу, с которой подвижный контакт действует на неподвижный.

9. Выяснить к каким последствиям может привести неправильная регулировка притирающей пружины. Для этого постепенно повышать начальное натяжение пружины и после каждого изменения регулировки увеличивать напряжение питания катушки от 0 до 30 В. Изменение регулировки прекратить тогда, когда при напряжении 30 В будет оставаться зазор между якорем и сердечником. С учетом того, что 30 В - это минимальное напряжение, при котором должно сохраняться нормируемое значение провала контакторов, объяснить, почему такая регулировка недопустима. Сделать рисунок, поясняющий как в этом случае будут расположены друг относительно друга механические характеристики $F_{\text{м}}(\delta)$ и зависимость $F_{\text{з}}(\delta)$ при $U_{\text{пит}} = 30 \text{ В}$.

После окончания опытов восстановить регулировку притирающей пружины так, как указано в п.3. Регулятор ЛАТРа установить на 0 и выключить питание стенда.

Контрольные вопросы

1. Когда начинается и когда заканчивается процесс перемещения линии контактирования при отключении контактора (рис.4.6а и 4.6б) для чего необходимо это перемещение?

2. Что такое раствор и провал контактов?

3. Как связана величина зазора между рычагом якоря и рычагом подвижного контакта при включенном контакторе с величиной провала?

4. Как изменится величина провала при увеличении раствора контактов?

5. Меняется ли время срабатывания электропневматических контакторов при уменьшении давления сжатого воздуха в пневматическом приводе?

7. Как называется зависимость силы тяги электромагнитного привода от воздушного зазора между якорем и ярмом δ при постоянном значении магнитодвижущей силы F (в замкнутых магнитопроводах)?

Основная литература

1. Плакс А.В. Системы управления электроподвижным составом. «Маршрут», 2005.

Дополнительная литература

1. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. - М.: Транспорт, 1980.

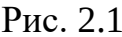
2. Проектирование систем управления электроподвижным составом/Н.А. Ротанов, Д.Д. Захарченко, А.В. Плакс, В.И. Некрасов, Ю.М. Иньков. Под ред. Н.А. Ротанова – М.:Транспорт, 1986.

Лабораторная работа №2

НАЗНАЧЕНИЕ, УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ЭПС

Цель работы: ознакомиться с принципом действия и конструкцией быстродействующего выключателя БВ, изучить этапы процессов включения и выключения БВ, исследовать факторы зависимости тока уставки БВ от напряжения питания удерживающей катушки, научиться регулировать ток уставки БВ, изучить от каких факторов зависит сила нажатия контактов БВ.

Основные сведения. Быстродействующий выключатель БВ устанавливается на электровозах и электропоездах постоянного тока для непосредственной защиты электрооборудования от токов короткого замыкания. Он также осуществляет косвенную защиту при нарушениях нормального режима работы, возникающих при перегрузке тяговых двигателей, круговом огне по коллектору, повышении или понижении напряжения в контактной сети сверх допустимого.



Магнитопровод БВ показан на рис. 2.1. В него входит якорь 1, полюсы 2, магнитный мостик 3, ярмо 5 с тремя регулировочными винтами 4. Все эти детали выполнены из электротехнической стали с большой магнитной проницаемостью. На ярмо надета удерживающая катушка УК, а на магнитный мостик — размагничивающие витки РВ, параллельно которым включен индуктивный шунт ИШ.

На удерживающую катушку с числом витков w_y подается напряжение 50 В и по виткам протекает ток $i_{yк}$. Под действием магнитодвижущей силы (м.д.с.) удерживающей катушки $i_{yк} w_y$ по магнитопроводу проходит магнитный поток Φ_y , показанный на рис. 2.1 пунктиром. Та часть потока Φ_y , которая проходит через полюсы 2 и якорь 1 (на рисунке обозначен Φ_{y1}), создает силу электромагнитного притяжения F_3 , встречно ей действует сила $F_{оп}$, создаваемая отключающими пружинами. При выключенном БВ ток силовой цепи электровоза i_c отсутствует и показанный на рисунке 2.1 сплошными линиями магнитный поток Φ_p , создаваемый за счет м.д.с. размагничивающих витков $i_p w_p$, равен нулю.

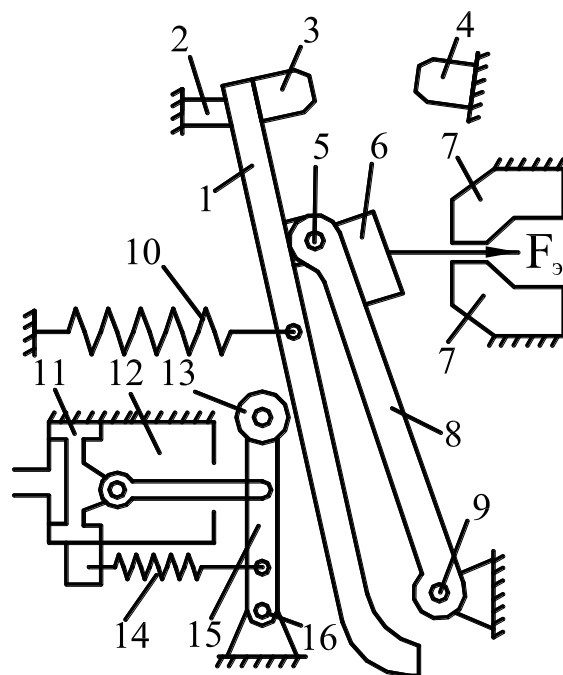


Рис. 2.2.а

Кинематическая схема БВ в выключенном состоянии приведена на рис.2.2,а. За счет силы начального натяжения отключающей пружины 10 рычаг 1 подвижного контакта 3 прижимается к упругому упору 2 и к ролику 13 рычага 15 включающего пневмопривода. Ролик 13 и рычаг 15 неподвижны, так как поршень 11 упирается в дно цилиндра 12. Сила $F_э$ электромагнитного притяжения якоря 6 к полюсам 7 недостаточна для поворота рычага якоря 8 вокруг оси 9 из-за большого воздушного зазора между якорем и полюсами. Упрощенная кинематическая схема, соответствующая рис.2.2,а, приведена на рис.2.2,б.

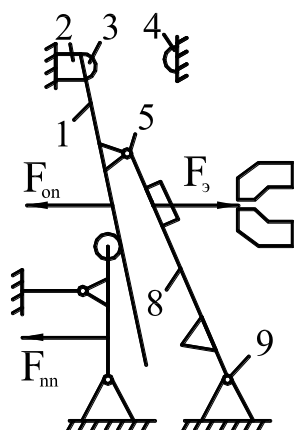


Рис. 2.2.б

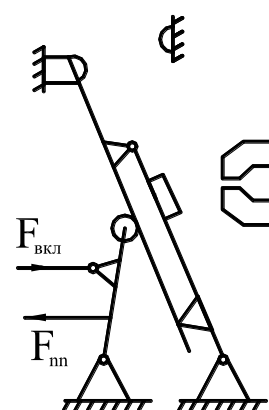


Рис. 2.2.в

Включение БВ производится с помощью пневмопривода. При нажатии на кнопку «Возврат БВ» питание попадает на катушку электропневматического вентиля, который подает сжатый воздух в цилиндр пневмопривода. Поршень 11 перемещается и через шток воздействует на рычаг 15, который начинает вращаться вокруг оси 16. Ролик нажимает на рычаг 1, который начинает

вращаться вокруг оси 5. После того, как рычаги 1 и 8 сложатся (рис.2.2,в), происходит их совместное вращение вокруг оси 9 до тех пор, пока якорь не прижмется к полюсам (рис.2.2,г). В этом положении между подвижным 3 и неподвижным 4 контактами остается зазор, т.е. БВ еще не включен.

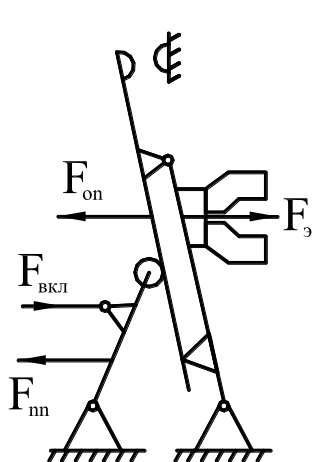


Рис. 2.2.г

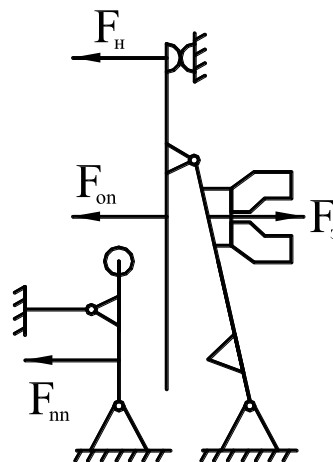


Рис. 2.2.д

Процесс замыкания контакторов начинается после того, как кнопка «Возврат БВ» будет отпущена. Вентиль отключится и соединит цилиндр пневмопривода с атмосферой. Включающая сила $F_{вкл}$ пропадет и сила отключающих пружин будет поворачивать рычаг 1 вокруг оси 5 до упора подвижного контакта в неподвижный (рис.2.2,д). Якорь и рычаг 8 остаются неподвижными, так как зазор между якорем и полюсами стал равен 0, сила $F_я$ увеличилась и ее момент относительно оси 9 стал больше момента силы $F_{он}$. Поршень 11 доводится в крайнее положение силой $F_{пп}$ пружины 14 пневмопривода.

Замыкание контактов БВ только после пропадания включающего усилия $F_{вкл}$ обеспечивает быстрое автоматическое отключение аппарата в случае включения его при наличии короткого замыкания в защищаемой цепи.

Быстродействующий выключатель выключается при размыкании цепи удерживающей катушки контактами реле перегрузки тяговых двигателей и других реле, а также может быть выключен машинистом с помощью кнопки БВ. Непосредственное выключение быстродействующего выключателя в случае превышения током уставки происходит под действием размагничивающих витков. Через замкнутые контакты БВ протекает ток силовой цепи i_c (рис.2.1), часть которого проходит по размагничивающим виткам. М.д.с. размагничивающих витков направлена таким образом, что часть, создаваемого ею магнитного потока Φ_{p2} в мостике 3 и ярме 5 направлена согласно с частью магнитного потока удерживающей катушки Φ_{y2} , а в полюсах 2 и якоре 1 потоки Φ_{p1} и Φ_{y1} направлены встречно. От потока в якоре $\Phi_я = \Phi_{y1} - \Phi_{p1}$ зависит сила $F_я$. По мере увеличения тока i_c поток в якоре и сила $F_я$ уменьшаются и при определенной величине тока защищаемой цепи, который называется током уставки I_y , момент силы $F_я$ становится меньше момента силы $F_{он}$ и аппарат отключается.

Размагничивающее действие усиливается тем, что при увеличении тока в силовой цепи и быстром возрастании потока Φ_p насыщение правой части магнитной цепи приводит к такому изменению м. д. с. удерживающей катушки, которое стремится удержать суммарный поток правой части магнитопровода $\Phi_y + \Phi_{p2}$ на первоначальном уровне. Таким образом, увеличение потока Φ_{p2} вызывает уменьшение потока Φ_y по сравнению со статическим значением, а следовательно - потока Φ_{y1} и снижение уставки быстрорействующего выключателя.

Вихревые токи в левой части задерживают уменьшение полного потока $\Phi_{y1} - \Phi_{p1}$. В соответствии с этим правую часть магнитопровода 5 выполняют из массивной стали, а левую (полюсные наконечники 2 и якорь 1) – из листовой.

При возникновении короткого замыкания ток i_c возрастает очень быстро и за время, которое проходит от момента достижения тока уставки до полного разрыва защищаемой цепи, ток i_c может достигнуть недопустимых значений. Для уменьшения времени выключения БВ рычаги 1 и 8 выполняют из легкого алюминиевого сплава и движение рычагов при отключении происходит под действием больших усилий отключающих пружин.

Существенно повышает отключающую способность быстрорействующего выключателя шунтирование размагничивающего витка индуктивным шунтом. Шунт выполняют в виде медной шины и охватывающего сердечника, набранного из штампованных стальных шайб.

При неизменном токе i_c он распределяется по параллельным ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям

$$i_p r_p = i_{ш} r_{ш} \quad (2.2)$$

где $r_p, r_{ш}$ – сопротивления размагничивающих витков и индуктивного шунта.

При изменении i_c в размагничивающих витках и индуктивном шунте наводится ЭДС самоиндукции e_L и условие равенства напряжений на параллельных ветвях приобретает вид

$$i_p r_p + L_p \frac{di_p}{dt} = i_{ш} r_{ш} + L_{ш} \frac{di_{ш}}{dt} \quad (2.3)$$

где $L_p, L_{ш}$ – индуктивность размагничивающих витков и индуктивного шунта.

Величина $L_{ш}$ гораздо больше величины L_p . Поэтому скорость изменения тока i_p гораздо больше скорости изменения тока $i_{ш}$. Практически все приращение тока i_c , при возникновении короткого замыкания проходит через размагничивающие витки и создает м.д.с. для отключения БВ.

Условие $L_{ш} \gg L_p$ достигается как за счет увеличения $L_{ш}$, так и за счет уменьшения L_p . Индуктивность прямо пропорциональна квадрату числа витков w и обратно пропорциональна магнитному сопротивлению R_m цепи протекания магнитного потока, пронизывающего эти витки

$$L = w^2 / R_m \quad (2.4)$$

Индуктивный шунт имеет один виток, выполненный в виде медной шины. Для уменьшения R_m и, соответственно, увеличения $L_{ш}$ на шину надет магнитопровод из шайб, выполненных из электротехнической стали с большой магнитной проницаемостью. Уменьшение L_p достигается за счет увеличения R_m .

Для этого предусмотрены воздушные зазоры между магнитным мостиком и ярмом (рис.2.1).

Регулировать ток уставки за счет изменения натяжения отключающих пружин $F_{оп}$ нельзя, так как одновременно будет изменяться силы нажатия контактов $F_{н}$. Из условия равенства нулю суммы моментов сил, действующих на рычаг 1 подвижного контакта (рис.2.2.д), можно получить

$$F_{оп} = F_{н} l_{н} / l_{оп}, \quad (2.1)$$

где $l_{оп}$ – плечо силы $F_{оп}$, равное расстоянию от оси 5 до линии действия этой силы,

$l_{н}$ – плечо силы $F_{н}$, равное расстоянию от оси 5 до линии действия силы упругой деформации (силы реакции опоры), с которой неподвижный контакт действует на рычаг 1.

Регулируется ток уставки тремя винтами 4 (рис.2.1), выполненными из электротехнической стали. Ввертывание винтов уменьшает магнитное сопротивление ярма 5 и увеличивает магнитный поток удерживающей катушки и величину I_y . Значения уставки для различных положений винтов отмечены делениями на калиброванной пластине.

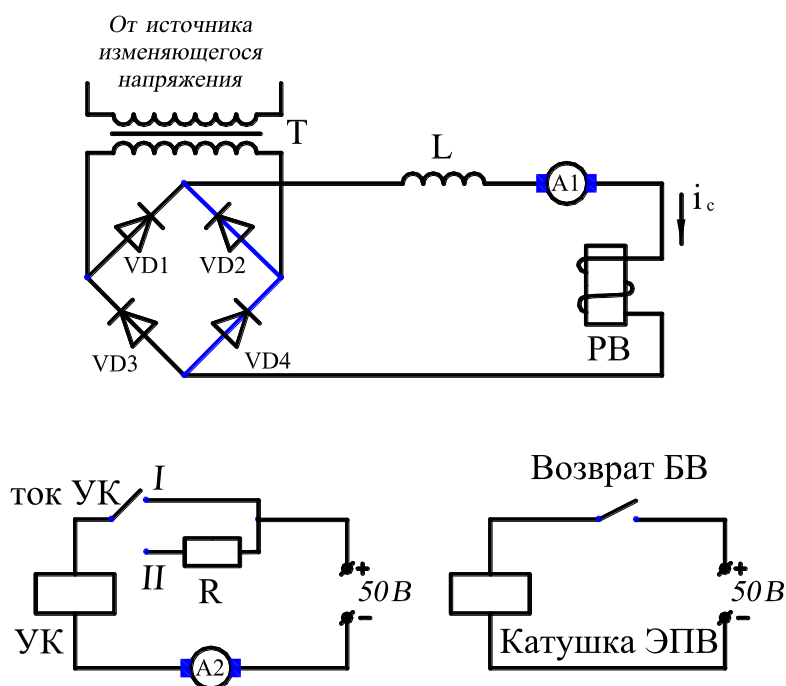


Рис. 2.3

Исследование БВ производится на стенде, схема которого приведена на рис.2.3. Для регулирования силового тока БВ в схеме имеется лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), выходное напряжение которого поступает на первичную обмотку понижающего трансформатора Т. Со вторичной обмотки Т напряжение подается на выпрямительный мост VD1-VD4 и с выхода моста через сглаживающий дроссель L и шунт амперметра A1 – на БВ. Напряжение 50 В подается на катушку электропневматического вентиля ЭПВ при нажатии на

кнопку *Возврат БВ*. В схеме предусмотрена возможность изменения тока удерживающей катушки УК переключателем *Ток УК*.

Порядок выполнения работы

1. Органы управления стенда установить в исходное положение:

выключатель *Питание* – выключено,

переключатель *Ток УК* – 1,

регулятор ЛАТРа – 0.

2. Ввернуть полностью регулировочные винты БВ.

3. Включить выключатель *Питание*.

4. Не включая питания УК, нажать на кнопку *Возврат БВ* и проследить за перемещением рычагов якоря и подвижного контакта. Убедиться, что при отпускании кнопки рычаги возвращаются в исходное положение и силовые контакты БВ не замыкаются. Можно повторить наблюдения за процессом перемещения рычагов, нажимая и отпуская кнопку *Возврат БВ* несколько раз.

5. Включить питание УК. Нажать и отпустить кнопку *Возврат БВ*. Убедиться, что при отпускании кнопки якорь остается притянутым к полюсам, а рычаг подвижного контакта поворачивается и контакты БВ замыкаются. Можно повторить наблюдения за процессом замыкания контактов, нажимая и отпуская кнопку *Возврат БВ* несколько раз.

6. Постепенно увеличивая регулятором ЛАТРа ток I_c , определить величину тока $I_{уст}$ уставки БВ. По показаниям амперметра $I_{ук}$ записать величину тока удерживающей катушки при этом опыте.

7. Определить, как изменяется ток уставки БВ при коротком замыкании. Для этого, не изменяя положения регулятора ЛАТРа, включить БВ и определить максимальное значение, до которого возрастает ток I_c после отпускания кнопки *Возврат БВ*. Сравнить результаты измерений $I_{уст}$ в п.6 и п.7.

8. Повторить операции п.7 и проследить, как изменяются показания амперметра $I_{ук}$ после отпускания кнопки *Возврат БВ*. Объяснить полученный результат с учетом того, что в п.7 имитируется короткое замыкание.

9. Регулятор ЛАТРа установить на 0, переключатель *Ток УК* установить в положение II и записать показания амперметра $I_{ук}$.

Включить БВ и, постепенно повышая ток I_c , определить ток уставки $I_{уст}$. Сравнить результаты измерения $I_{уст}$ и $I_{ук}$ с аналогичными результатами, полученными в п.6.

Переключатель *Ток УК* установить в положение 1.

10. Выворачивая регулировочные винты БВ, получить точки зависимости тока уставки от расстояния l , на которое винты выступают из ярма. Выворачивать нужно все три винта приблизительно на одну и ту же величину. В полном диапазоне регулировки глубины погружения винтов в ядро нужно получить 3-4 точки зависимости $I_{уст}(l)$.

11. Составить расчетную кинематическую схему, измерить плечи сил, действующих на рычаг подвижного контакта включенного БВ, и рассчитать силу нажатия контактов при силе отключающих пружин, равной 1000Н.

12. Органы управления стенда установить в исходное положение в соответствии с п.1.

Контрольные вопросы

1. Из каких этапов состоит процесс включения БВ?
2. Как зависит ток уставки БВ от напряжения питания удерживающей катушки?
3. Почему при коротком замыкании ток уставки уменьшается?
4. Как регулируется ток уставки БВ?
5. От чего зависит сила нажатия контактов БВ?
6. Что предусмотрено в конструкции БВ для отключающей способности выключателя?