

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

12/4/10

Одобрено кафедрой
«Тяговый подвижной
состав»

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Руководство к выполнению лабораторных работ
для студентов V курса
специальности

190303 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭПС)

РОАТ

Москва – 2009

С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук доц. Е.П. Капустина
Р е ц е н з е н т — д-р. техн. наук проф. Н.А. Ротанов

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.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЛЕ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: ознакомиться с принципом действия и конструкцией дифференциальных реле, научиться практически определять токи удерживающих катушек и ток уставки дифференциальных реле, исследовать факторы, влияющие на их уставку.

Основные сведения. Дифференциальные реле ДР служат для защиты цепей тяговых двигателей и вспомогательных машин ЭПС постоянного тока от неполных коротких замыканий.

При замыкании на землю в цепи между обмотками последовательно соединенных электрических машин ток короткого замыкания может не достичь тока уставки быстродействующего выключателя БВ. В этом случае защита осуществляется путем разрыва цепи удерживающей катушки БВ контактами дифференциального реле ДР.

На рис. 1.1 показана схема включения дифференциального реле типа 17СВ, используемого для защиты вспомогательных

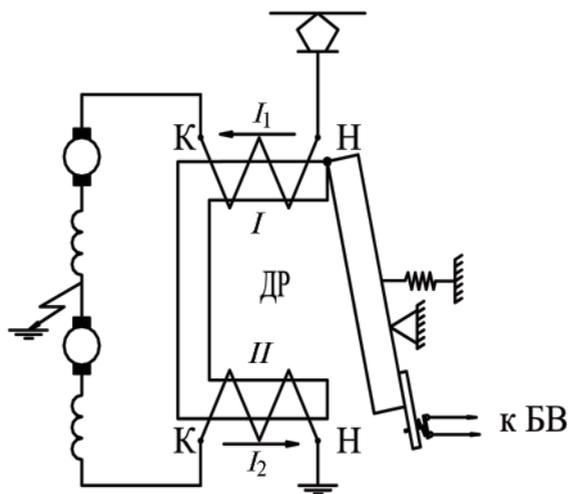


Рис. 1.1

цепей электровоза ЧС2. Реле имеет две катушки с одинаковым числом витков w , одна из которых включена в начале, а другая — в конце защищаемой цепи. Магнитодвижущие силы (МДС) катушек направлены встречно, так как ток катушки I направлен от ее начала «Н» к концу «К», а ток катушки II — наоборот.

При отсутствии замыкания на землю токи катушек равны и их магнитодвижущие силы Iw взаимно уравниваются. При пробое на землю в какой-либо точке цепи ток катушки I увеличивается, а ток катушки II уменьшается. Возникает небаланс МДС, под действием которого происходит срабатывание реле.

На рис. 1.2 показана схема включения дифференциального реле типа Д4, применяемого на электровозах отечественного производства. Реле включается путем кратковременного нажатия на кнопку R_n , шунтирующую резистор R в цепи удерживающей катушки 2. Протекание тока $I_{уд}$ по катушке реле приводит к появлению в магнитопроводе магнитного потока $\Phi_{уд}$, в результате чего создается сила электромагнитного притяжения F_3 , которая стремится притянуть якорь I к сердечнику.

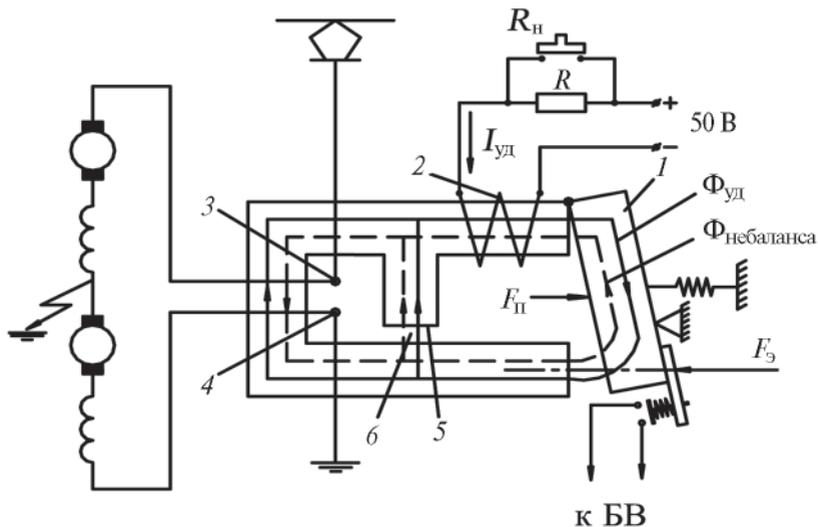


Рис. 1.2

$$F_3 = \frac{\mu_0 S (Iw)^2}{2\delta^2}, \text{ Н}, \quad (1.1)$$

где μ_0 — магнитная проницаемость воздуха; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;
 δ — воздушный зазор между якорем и сердечником, м;
 S — площадь сердечника в воздушном зазоре, м;
 I, w — соответственно ток и число витков катушки, А.

Формула (1.1) дает приемлемую погрешность расчета F_3 только при большом воздушном зазоре δ , когда его магнитное сопротивление гораздо больше магнитного сопротивления стальных деталей магнитопровода.

Сила F_3 создает вращающий момент M_3

$$M_3 = F_3 l_3, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (1.2)$$

где l_3 — плечо силы F_3 , равное расстоянию от оси вращения якоря I до линии действия электромагнитной силы F_3 .

Притяжению якоря препятствует сила F_n , создаваемая отключающей пружиной. При нажатии на кнопку R_n ток в удерживающей катушке и сила F_3 увеличиваются, момент M_3 становится больше момента силы F_n и якорь притягивается к сердечнику. После размыкания контактов кнопки R_n ток в катушке уменьшится, но якорь останется в притяннутом состоянии, так как при включении реле уменьшился зазор δ .

Роль токовых катушек ДР выполняют шины силовой цепи 3 и 4, проходящие через окно магнитопровода. При отсутствии короткого замыкания токи в шинах равны и создаваемые ими МДС взаимно компенсируются. При замыкании на землю ток верхней шины увеличивается, а нижней уменьшается. Возникающая из-за небаланса токов МДС будет направлена встречно МДС удерживающей катушки. Магнитный поток в якорю уменьшится и создаваемая им сила электромагнитного притяжения станет недостаточной для удерживания якоря в притяннутом положении. Якорь реле отпадет, и контакты реле разорвут цепь удерживающей катушки БВ.

Разность токов в силовых шинах, при которой реле отключается, называется *током уставки*. Уставка реле регулируется путем изменения натяжения отключающей пружины. Так как ток удерживающей катушки зависит от напряжения питания цепей управления и сопротивления цепи катушки, уставка реле несколько изменяется в эксплуатации.

Создаваемая небалансом токов МДС может достичь такой величины, что магнитный поток в якоре реле не только уменьшится, но и, снизившись до нуля, изменит направление. Так как направление силы электромагнитного притяжения не зависит от направления магнитного потока, якорь реле при этом может отпасть и затем опять притянуться, а при большой скорости изменения магнитного потока вообще останется в притянutom состоянии. Для предотвращения перемагничивания магнитной системы реле используется магнитный шунт 5. Какой бы большой не стала при коротком замыкании МДС небаланса, магнитный поток в левой части магнитопровода (см. рис. 1.2) не может возрасти до величины, большей потока насыщения $\Phi_{\text{нас}}$. Если бы не было магнитного шунта, то весь этот поток проходил бы через якорь. При наличии шунта поток разветвляется. Часть его проходит через магнитный шунт, а часть — через якорь. Соотношение этих потоков зависит от соотношения магнитных сопротивлений участков магнитопровода, по которым потоки протекают. Магнитное сопротивление шунта зависит от величины воздушного зазора 6. Чем меньше этот зазор, тем больше поток шунта и меньше поток якоря. Величина зазора рассчитывается таким образом, чтобы ответвляющаяся в якорь часть $\Phi_{\text{нас}}$ не создавала электромагнитной силы, способной удержать якорь в притянutom положении.

Для исследования дифференциального реле Д4 нужно установить на лабораторном стенде переключатель типа реле в одноименное положение. При этом собирается схема, приведенная на рис. 1.3. Для уменьшения тока уставки ДР вместо шин силовой схемы электровоза на магнитопроводе реле намотаны многовитковые катушки I и II. Включается реле кратковременным нажатием на кнопку «Возврат ДР». Роль быстроедей-

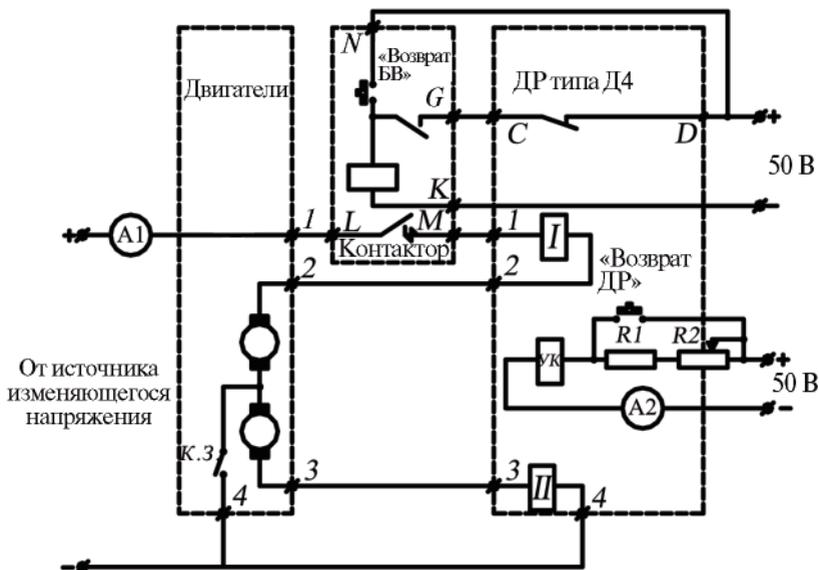


Рис. 1.3

ствующего выключателя выполняет контактор K . Включение контактора производится нажатием на кнопку «Возврат БВ». При отпускании кнопки ее контакт размыкается, но контактор остается включенным, так как ток его катушки продолжает протекать через блокировочный контакт контактора и контакт включенного реле ДР.

Ток силовых катушек I , II можно изменять, регулируя напряжение на выходе источника изменяющегося напряжения. Источник содержит лабораторный автотрансформатор ЛАТР и выпрямительный мост. Ток удерживающей катушки $УК$ меняется реостатом $R2$. При установке переключателя стенда в положение 17СВ собирается схема, приведенная на рис. 1.4.

Порядок выполнения работы

1. Органы управления стенда установить в исходное положение:

- выключатель питания стенда — выключено,
- переключатель КЗ — включено,

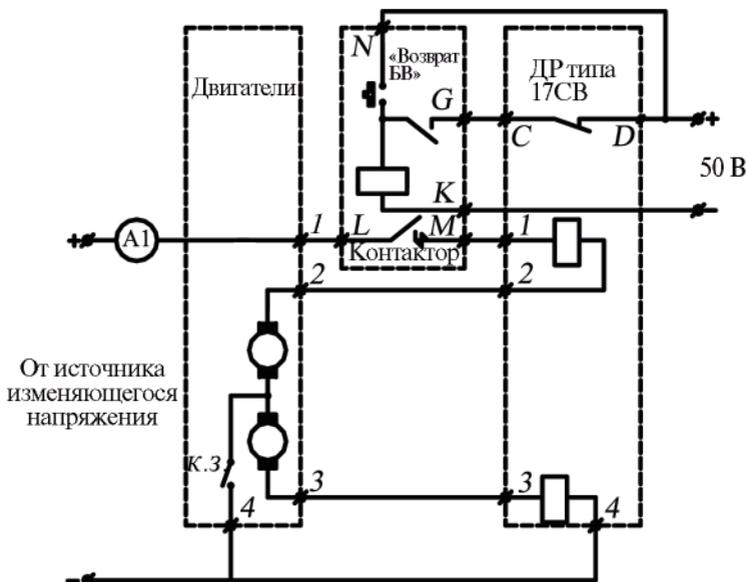


Рис. 1.4

переключатель типа реле — Д4,
регуляторы ЛАТРа и реостата $R2$ — 0.

2. Включить питание стенда.

3. Нажимая кратковременно на кнопки «Возврат ДР» и «Возврат БВ», включить реле Д и контактор К.

4. Изменяя регулятором ЛАТРа ток в катушке I , определить по показаниям амперметра А1 ток уставки $I_{уст}$. Показания амперметра фиксировать в момент пропадания тока в результате выключения ДР и БВ.

Записать по показаниям амперметра А2 величину тока удерживающей катушки $I_{ук}$.

Вернуть регулятор ЛАТРа на 0.

5. Меняя сопротивление реостата $R2$ и повторяя операции п. 3, 4, получить точки зависимости тока уставки $I_{уст}$ от тока удерживающей катушки $I_{ук}$. Предварительно определить диапазон изменения $I_{ук}$ с помощью $R2$. В этом диапазоне получить четыре точки зависимости $I_{уст}(I_{ук})$. Результаты измерений свести в таблицу и построить график зависимости $I_{уст}(I_{ук})$.

Используя график, рассчитать, на сколько процентов изменится ток уставки ДР при уменьшении напряжения питания цепей управления на 10% по сравнению с номинальным напряжением 50 В.

6. Выключить тумблер КЗ и убедиться, что при равенстве токов в катушках I и II реле не выключается.

7. Включить тумблер КЗ, переключатель типа реле установить в положение 17СВ.

8. Нажимая динамометром на якорь реле по линии действия электромагнитной силы, проходящей по оси сердечника, определить силу начального натяжения отключающей пружины. Показания динамометра $F_{\text{дин}}$ фиксировать в момент начала движения якоря. Это движение якоря начинается тогда, когда вращающий момент, создаваемый силой $F_{\text{дин}}$, сравняется с вращающим моментом силы начального натяжения отключающей пружины $F_{\text{пр}}$.

Измерить плечи $l_{\text{дин}}$ и $l_{\text{пр}}$ сил $F_{\text{дин}}$ и $F_{\text{пр}}$ и, используя условие равенства моментов сил $F_{\text{дин}} l_{\text{дин}} = F_{\text{пр}} l_{\text{пр}}$, рассчитать $F_{\text{пр}}$. Расчет привести в отчете по лабораторной работе.

$$F_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{дин}} l_{\text{дин}}}{l_{\text{пр}}}. \quad (1.3)$$

Включить БВ и определить ток уставки ДР также, как это производилось в п. 4.

9. Изменяя начальное натяжение отключающей пружины, определить по показаниям амперметра А1 ток уставки $I_{\text{уст}}$, и получить точки зависимости тока уставки от начального натяжения отключающей пружины. Результаты измерения $F_{\text{дин}}$ и расчета $F_{\text{пр}}$ свести в таблицу, построить график зависимости $I_{\text{уст}}(F_{\text{пр}})$.

10. При возрастании тока катушки до величины тока уставки $I_{\text{уст}}$ начинается вращение якоря и реле 17СВ включается, так как при этом токе сила электромагнитного притяжения становится равной измеренной динамометром силе $F_{\text{дин}}$. Сравнить силы, а не моменты сил, в этом случае можно, так как плечи сил $F_{\text{э}}$ и $F_{\text{дин}}$ равны. С учетом условия $F_{\text{э}} = F_{\text{дин}}$ при токе катушки $I = I_{\text{уст}}$

по данным полученным в п. 8, 9 таблицы постройте график зависимости $F_{\delta}(I)$.

Используя результаты двух любых измерений F_{δ} и I , проверьте соответствие опытных данных формуле 1.1, согласно которой при постоянном воздушном зазоре δ сила F_{δ} должна быть пропорциональна I^2 .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение дифференциального реле?
2. Как включены в защищаемую цепь катушки ДР4?
3. Как производится включение реле типа ДР4?
4. Как происходит срабатывание дифференциального реле ДР4?
5. Как регулируется ток уставки дифференциального реле?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

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 регулировоч-

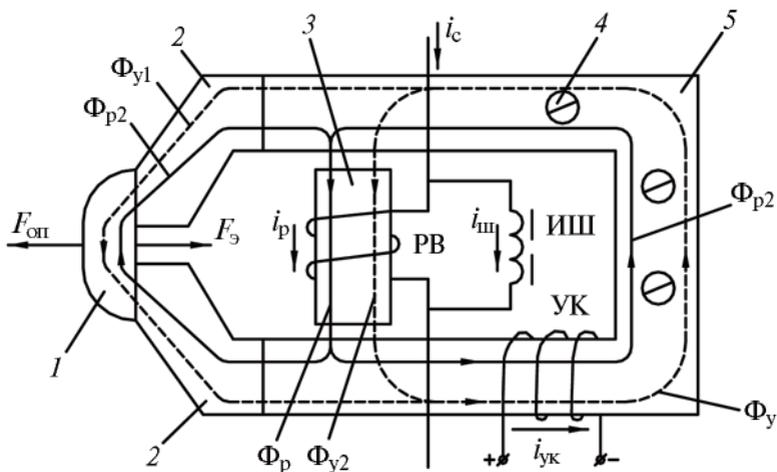


Рис. 2.1

ными 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_{yk} . Под действием магнитодвижущей силы МДС удерживающей катушки $i_{yk}w_y$ по магнитопроводу проходит магнитный поток Φ_y , показанный на рис. 2.1 пунктиром. Та часть потока Φ_y , которая проходит через полюсы 2 и ярмо 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 рис. 2.1 сплошными линиями магнитный поток Φ_p , создаваемый за счет МДС размагничивающих витков $i_p w_p$, равен нулю.

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 прижима-

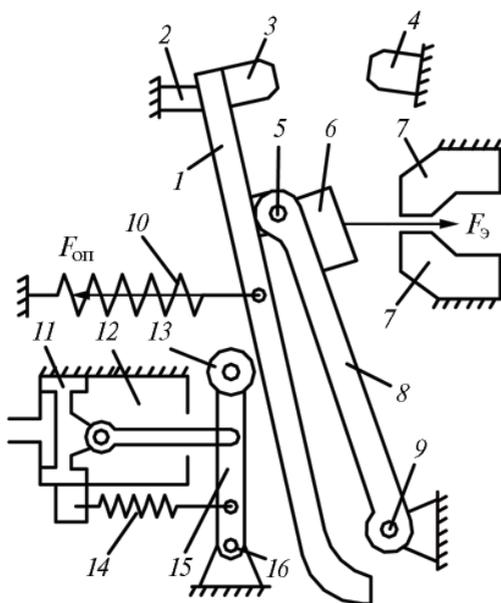


Рис. 2.2, а

ется 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_3 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.

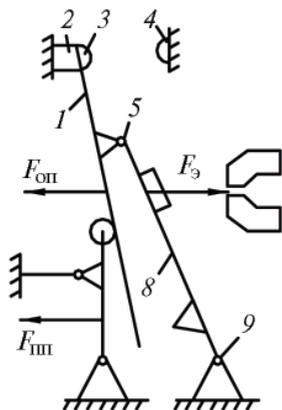


Рис. 2.2, б

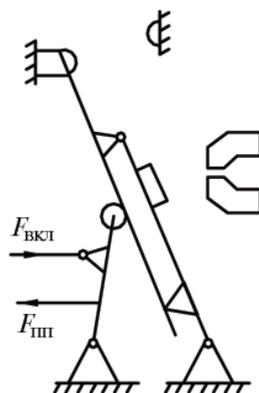


Рис. 2.2, в

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, з). В этом положении БВ между подвижным 3 и неподвижным 4 контактами остается зазор, т.е. БВ еще не включен.

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 пово-

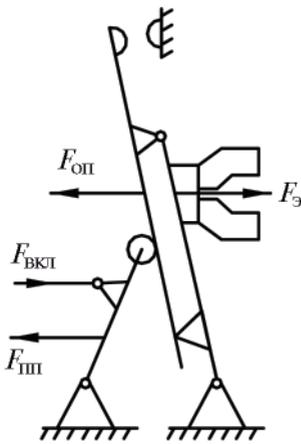


Рис. 2.2, а

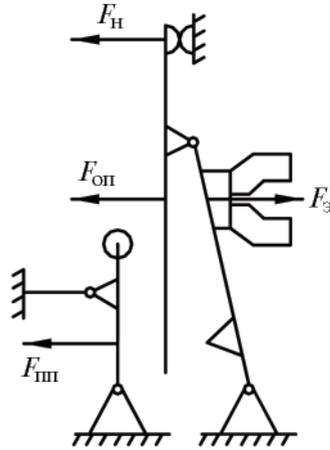


Рис. 2.2, б

рачивать рычаг 1 вокруг оси 5 до упора подвижного контакта в неподвижный (рис. 2.2, б). Якорь и рычаг 8 остаются неподвижными, так как зазор между якорем и полюсами стал равен 0 , сила $F_э$ увеличилась и ее момент относительно оси 9 стал больше момента силы $F_{оп}$. Поршень 11 доводится в крайнее положение силой $F_{шп}$ 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. МДС 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_3 . По мере увеличения тока i_c поток в якоре и сила F_3 уменьшаются и при определенной величине тока защищаемой цепи, который называется *током уставки* I_y , момент силы F_3 становится меньше момента силы $F_{оп}$ 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 МДС 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 быстрордействующего 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 быстрордействующего 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 МДС 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 (см. рис. 2.1).

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

$$F_{оп} = F_n l_n / l_{оп}, \quad (2.5)$$

где $l_{оп}$ — плечо силы $F_{оп}$, равное расстоянию от оси S до линии действия этой силы;

l_n — плечо силы F_n , 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 (см. 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.

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 T . Со вторичной обмотки T на-

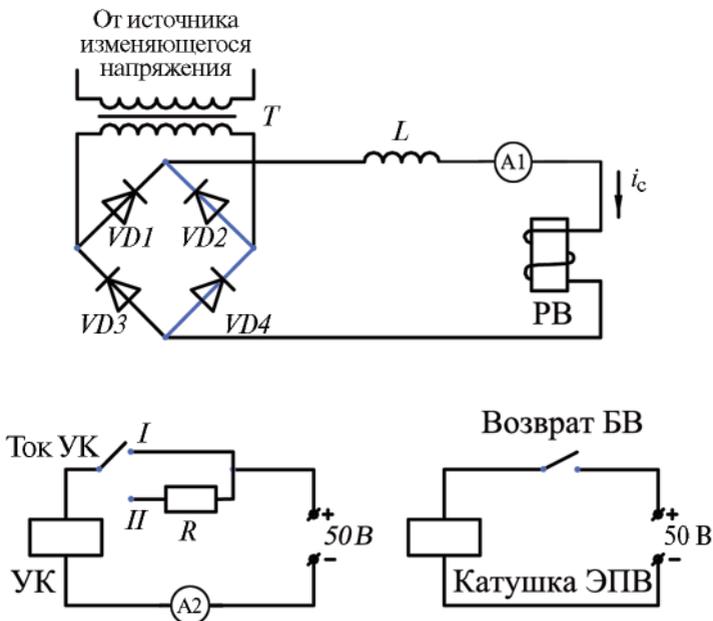


Рис. 2.3

пряжение подается на выпрямительный мост $VD1-VD4$ и с выхода моста через сглаживающий дроссель L и шунт амперметра $A1$ — на размагничивающий виток РВ быстродействующего выключателя 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 яра. Выворачивать нужно все три винта приблизительно на одну и ту же величину. В полном диапазоне регулировки глубины погружения винтов в яро 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 повышения отключающей способности выключателя?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
РЕОСТАТНЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА
ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: ознакомиться с принципом действия и конструкцией реостатного контроллера электропоезда постоянного тока.

Основные сведения. Регулирование скорости электропоезда при пуске осуществляется за счет изменения сопротивления пускового реостата, изменения схемы соединения тяговых двигателей, регулирования возбуждения тяговых двигателей. Уменьшение сопротивления пускового реостата производится путем закорачивания его секций контактами реостатного контроллера РК.

Реостатный контроллер состоит из пневматического привода системы Решетова, кулачковых валов с пластмассовыми шайбами и кулачковых контакторных элементов, установленных на рейках. Контактные элементы выключающего типа. Включаются они под действием собственной включающей пружины, а выключаются при набегании выступа кулачковой шайбы на ролик контактора.

Пневматический привод системы Решетова состоит из двух цилиндров, в которых перемещаются поршни, связанные между собой рейкой. На рейке установлены ролики, вращающиеся в подшипниках. Поступательное движение поршней и рейки преобразуется во вращательное вращение выходного вала привода с помощью металлической кулачковой шайбы, выполненной в виде трехконечной звезды. Профиль лучей звезды несимметричен относительно впадин (рис. 3.1). Когда один из роликов находится во впадине, другой ролик занимает положение не по центру луча, а против его боковой грани. Переключение привода осуществляется поочередной подачей сжатого воздуха в цилиндры.

При поступлении воздуха в цилиндр I рейка начинает перемещаться и ролик I упирается в боковую грань луча звезды. Вто-

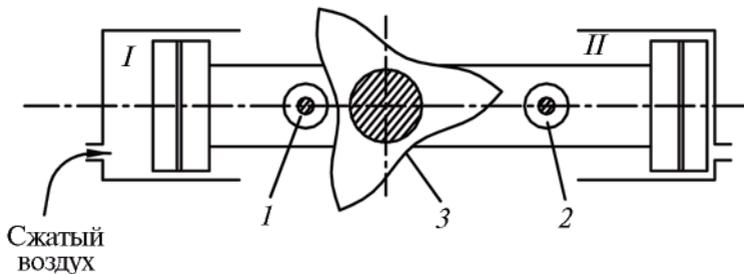


Рис. 3.1

рой ролик в это время выходит из впадины. Звезда и связанный с ней выходной вал 3 привода повернутся на 60° . Вращение вала прекратится тогда, когда ролик 1 окажется во впадине. В этот момент второй ролик будет находиться против боковой грани следующего луча.

Для переключения на следующую позицию нужно выпустить сжатый воздух из цилиндра I и подать его в цилиндр II. Рейка будет перемещаться в противоположном направлении, а вал привода вращаться в ту же сторону, что и раньше. Таким образом, привод системы Решетова имеет одностороннее вращение вала.

Сжатый воздух подается в цилиндры привода двумя электропневматическими вентилями. Для того, чтобы вентили возбуждались поочередно, как это требуется для нормальной работы привода, у РК имеется специальный узел, управляющий подачей питания на вентили. В состав этого узла входят два блокировочных кулачковых контактора ПВ-2 и ПВ-3 (рис. 3.2, а).

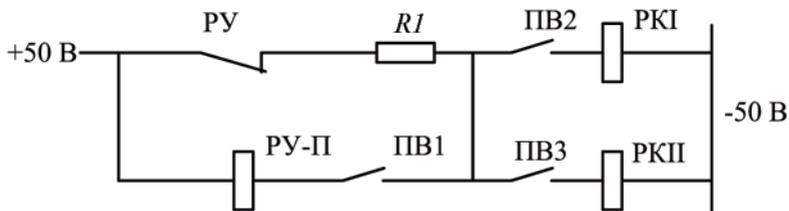


Рис. 3.2, а

Контакторы переключаются кулачковым валом, связанным через шестерни с выходным валом привода. Через контактор ПВ-2 подается питание на один вентиль привода, а через контактор ПВ-3 — на другой (на рис. 3.2, *а* вентили обозначены РК I и РК II). Развертка контакторов выполнена таким образом, что на нечетных позициях замкнут контакт ПВ-2, а на четных — ПВ-3. В конце каждого цикла переключения РК с позиции на позицию один контакт размыкается, а другой замыкается (рис. 3.2, *б*).

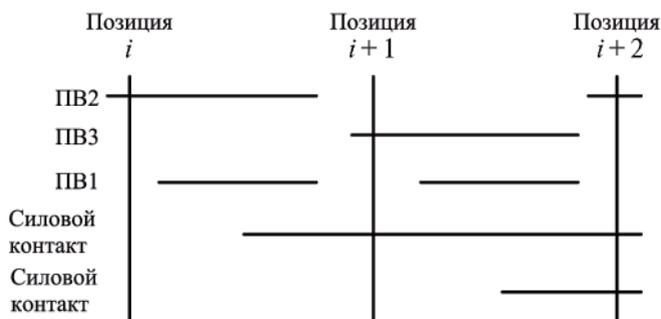


Рис. 3.2, *б*

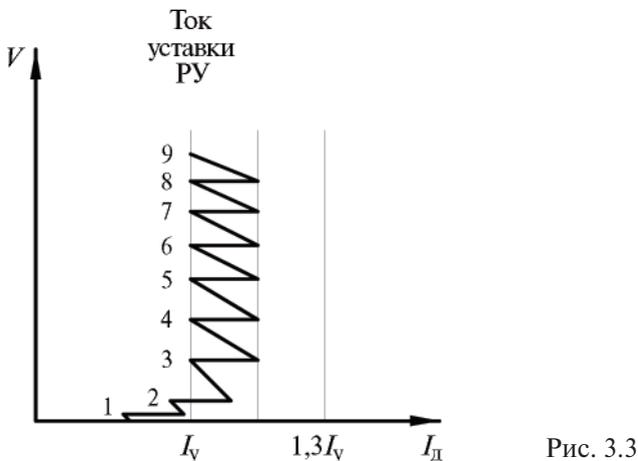
Вентили РК имеют демпферные кольца, задерживающие отпускание якоря вентиля после разрыва цепи его катушки. Необходимость в такой задержке вызвана следующим. Подача сжатого воздуха в цилиндр привода не должна прекращаться до тех пор, пока ролик не установится во впадину звезды, иначе при следующем переключении ролик может оказаться против нерабочей грани луча звезды и вал привода начнет вращаться в противоположную сторону. Следовательно, если бы не было задержки на отпускание якоря вентиля, контакты ПВ-2 и ПВ-3 нужно было бы размыкать не раньше, чем ролик войдет во впадину звезды. Но это невозможно, так как в этот момент вал привода останавливается. Демпферное кольцо представляет собой массивную медную шайбу, охватывающую магнитопровод вентиля. После разрыва цепи катушки вентиля магнитный поток в его магнитопроводе начинает уменьшаться.

При изменении потокосцепления демпферного кольца в нем наводится ЭДС, под действием которой в кольце будет протекать ток. Этот ток создает намагничивающую силу, препятствующую быстрому уменьшению магнитного потока. Якорь вентиля будет оставаться в притянутом состоянии до тех пор, пока усилие отключающей пружины вентиля не превысит силы электромагнитного притяжения, создаваемой магнитным потоком. Пока якорь вентиля притянут к сердечнику, сжатый воздух продолжает поступать в цилиндр, и вал привода доводится до позиции.

На электропоездах применяется система автоматического управления разгоном электропоезда под контролем реле ускорения РУ. Реле имеет две катушки — силовую РУ-С и подъемную РУ-П.

Через силовую катушку проходит ток тяговых двигателей. Величина тока РУ-С, при которой якорь реле ускорения отпадает, называется *током уставки*. По мере разгона поезда ток двигателей уменьшается и, когда он снизится до тока уставки, якорь реле ускорения отпадает, замыкается контакт РУ (см. рис. 3.2, а) и питание подается на катушку одного из вентилях реостатного контроллера РК I или РК II. При этом начинается цикл переключения реостатного контроллера на следующую позицию. В процессе поворота выходного вала привода Решетова замыкается силовой контакт РК, который закорачивает секцию пускового реостата, включенного в цепь тяговых двигателей. Уменьшение пускового сопротивления приводит к увеличению тока двигателей и он становится больше тока уставки РУ. После этого происходит задержка включения РК до тех пор, пока ток двигателей опять не снизится до тока уставки РУ. В результате реализуется пусковая диаграмма, вид которой показан на рис. 3.3.

После каждого переключения РК с позиции на позицию происходит бросок тока и задержка на позиции до тех пор, пока ток опять не снизится до тока уставки РУ. Циклы переключения РК повторяются до тех пор, пока сопротивление пускового реостата не станет равным нулю.



Назначение подъемной катушки реле ускорения РУ-П связано с тем, что реле имеет электромагнитный привод. У любого аппарата с электромагнитным приводом намагничивающая сила его катушек, при которой якорь притягивается к сердечнику, всегда больше намагничивающей силы, при которой якорь отпадает. Это связано с тем, что при притяжении якоря воздушный зазор между якорем и сердечником больше, чем при отпадании якоря. У реле ускорения соотношение этих намагничивающих сил составляет около 1,3. Отсюда следует, что притяжение якоря РУ за счет тока в силовой катушке РУ-С произойдет при токе двигателей, превышающем ток уставки в 1,3 раза. Как видно из рис. 3.3, бросок тока при переключении РК не достигает этого значения и только за счет тока катушки РУ-С якорь притянуться не может.

Принудительное притяжение якоря РУ осуществляется за счет подъемной катушки РУ-П, цепь которой замыкается контактом ПВ-1. Этот контакт кратковременно замыкается в процессе поворота вала РК при каждом переключении с позиции на позицию (см. рис. 3.2, а). При замыкании ПВ-1 намагничивающие силы РУ-П и РУ-С складываются и якорь притягивается. При размыкании ПВ-1 якорь остается притянутым, так как к этому моменту уже замкнулся силовой контакт РК и ток двига-

телей превысил ток уставки РУ. Если же при замыкании силового контакта бросок тока не достигает тока уставки (см. переход с первой на вторую позицию на рис. 3.3), то после замыкания контакта ПВ1 якорь РУ отпадает, контакт РУ замыкается и после замыкания контакта ПВ2 или ПВ3 начинается новый цикл переключения РК на следующую позицию. Такое переключение РК называется *хронометрическим*.

Исследование системы управления электропоезда производится на стенде, схема которого приведена на рис. 3.4.

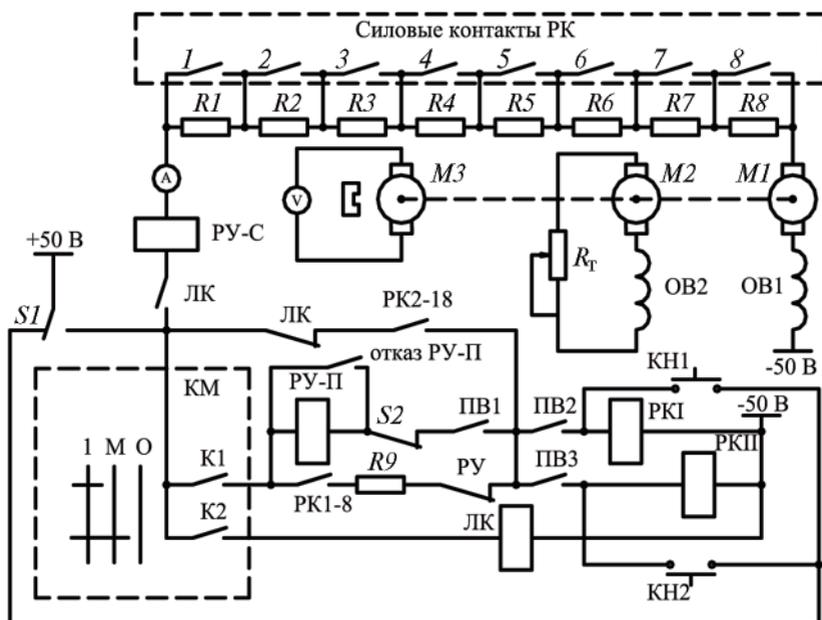


Рис. 3.4

В стенде использованы реостатный контроллер РК и контроллер машиниста КМ электропоезда ЭР2. Силовая катушка заводского реле ускорения перемотана таким образом, чтобы обеспечивалось его функционирование при небольших токах маломощного двигателя *М1*. Роль секций пускового реостата выполняют резисторы *Р1-Р8*, которые закорачиваются контактами *1-8* реостатного контроллера. Замыкается цепь протек-

кания тока двигателя $M1$ силовым контактом ЛК. Катушка ЛК получает питание при установке в положение М или 1 рукоятки контроллера машиниста КМ.

В схеме управления помимо показанных на рис. 3.2, а цепей имеется цепь возврата РК на первую позицию, в которую входит размыкающая блокировка ЛК и блокировка РК2-18, замкнутая на всех позициях кроме первой. Возврат РК на первую позицию происходит при установке рукоятки КМ из ходового положения в 0. При этом выключается ЛК и, если РК находится не на первой позиции, начинается его хронометрическое переключение до размыкания блокировки РК2-18.

Блокировка РК1-8 обеспечивает прекращение переключения РК после перехода на девятую безреостатную характеристику.

Вал двигателя $M1$ сочленен с валом аналогичной машины $M2$, работающей в режиме генератора с последовательным возбуждением. Тормозной момент генератора зависит от частоты вращения вала и сопротивления тормозного реостата R_r . После переключения РК с позиции на позицию увеличивается ток двигателя $M1$ и зависящий от него вращающий момент. Вращающий момент становится больше тормозного и частота вращения валов $M1$ и $M2$ увеличивается. По мере роста частоты вращающий момент $M1$ падает, а тормозной момент $M2$ увеличивается. При равенстве моментов рост частоты вращения и снижение тока двигателя прекращается. Так как сопротивление тормозного реостата осталось неизменным, равновесие моментов наступит при токе двигателя, больше чем ток уставки РУ, и произойдет задержка на позиции. Для перехода на следующую позицию нужно постепенно увеличивать сопротивление R_r до тех пор, пока ток $M1$ не снизится до тока уставки РУ.

Измерение частоты вращения производится с помощью машины $M3$, представляющей собой генератор, магнитный поток в котором создается постоянными магнитами. ЭДС генератора, пропорциональная частоте вращения его вала, измеряется прибором PV1, проградуированным в км/ч.

Порядок выполнения работы

1. Органы управления стенда установить в исходное состояние:

выключатели «Питание», «Отказ РУ-П» — «Выкл»,
контроллер машиниста и регулятор R_T — «0».

2. Нажимая поочередно кнопки КН1 и КН2» проследить за переключением РК с позиции на позицию. Убедиться, что контакты РК замыкаются при попадании ролика контакторного элемента во впадину кулачковой шайбы. Объяснить, под действием какой силы поворачивается рычаг подвижного контакта.

3. Включить тумблер «Питание». Объяснить, почему после этого РК возвращается на первую позицию.

4. Установить рукоятку контроллера машиниста в положение 1. Убедиться, что так же как и на пусковой диаграмме (см. рис. 3.3), на начальных позициях реостатный контроллер переключается хронометрически и затем происходит задержка на позиции.

5. Увеличивая постепенно сопротивление тормозного реостата, проследить за изменением тока двигателя и частоты вращения. Изменение R_T прекратить в момент переключения РК с позиции на позицию.

6. Повторять операции п. 5 до тех пор, пока РК не переключится на девятую позицию, на которой снижение тока ниже тока уставки РУ не приведет к переключению РК. Убедиться, что все переключения РК после задержки на позиции происходят при одинаковых токах двигателя.

7. Установить рукоятку контроллера машиниста в положение «0». После окончания возврата РК на первую позицию включить тумблер «Отказ РУ-П», регулятор R_T вернуть в положение «0».

8. Установить рукоятку контроллера машиниста в положение 1 и, повторяя операции п. 5,6, проследить за изменением процесса разгона при отказе РУ-П. объяснить, почему, несмотря на то, что ток двигателя превысил ток уставки РУ, часть переключений РК с позиции на позицию происходит хронометрически. Ориентировочно определить ток притяжения якоря РУ за счет силовой катушки РУ-С.

9. Установить рукоятку КМ в положение «0» и после возврата РК на первую позицию установить органы управления стендом в исходное положение в соответствии с п. 1.

Объяснения и выводы, которые требуется сделать при выполнении заданий в пп. 2–8, нужно сформулировать кратко и самостоятельно, не переписывая их из методических указаний.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как устроен привод системы Л.Н.Решетова и как производится его переключение?
2. Для чего служит реле ускорения?
3. Какие катушки имеет реле ускорения?
4. Как работает схема управления приводом?
5. К чему приводит неисправность подъемной катушки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОНТАКТОРОВ

Цель работы: изучить назначение, конструкцию, 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 электровазозов 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 электровазозе или моторном вагоне; становится возможной автоматизация процессов пуска и торможения, а также управление с любого поста несколькими электровазозами 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. Пережат, 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).

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). Электромагнитные контакторы применяют преимущественно во вспомогательных цепях.

В приводах *электропневматических контакторов* цилиндр привода сообщают с источником сжатого воздуха. В пневмати-

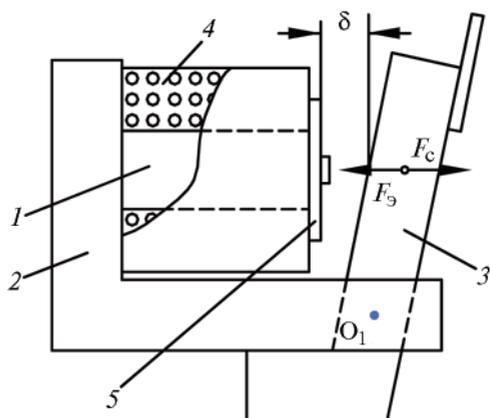


Рис. 4.1

ческих 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.

Катушка электромагнитного привода должна непрерывно получать питание; в электропнев-

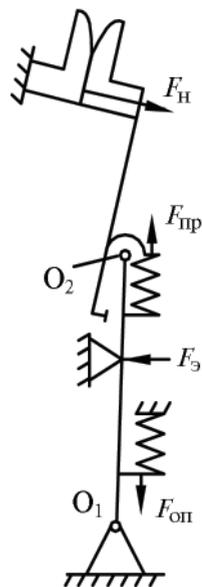


Рис. 4.2

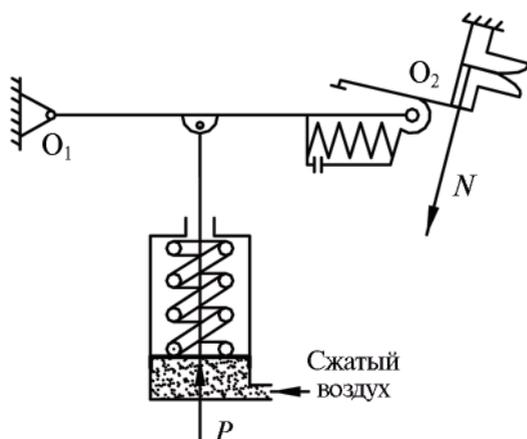


Рис. 4.3

матическом 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.

Впуск и выпуск сжатого воздуха осуществляется с помощью электропневматических вентилях. Различают вентили включающие и выключающие. Принцип действия вентилях пояснен на рис. 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 *электропневматическим*. Технические данные контактора типа ПК-31 приведены в табл. 4.1.

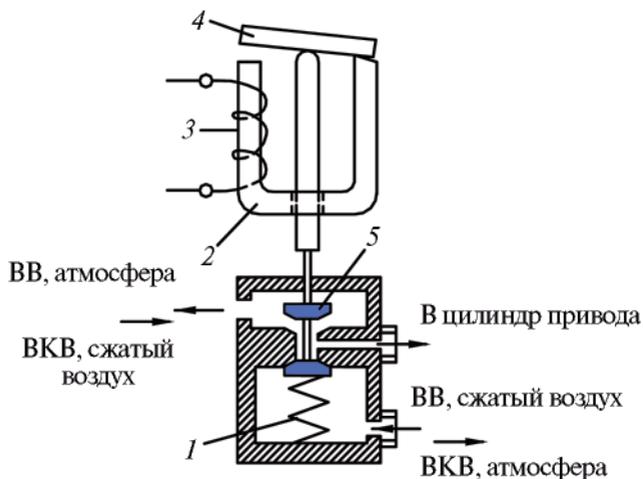


Рис. 4.4

Таблица 4.1

Номинальное напряжение	300В
Ток продолжительного режима работы	500А
Разрыв контактов	$(24-27) \cdot 10^{-3} \text{ м}$
Нажатие	270 Н
Нажатие от притирающей пружины начальное	35–50 Н
конечное	55–70 Н
Номинальное напряжение на катушке вентиля	50В
Сопротивление катушки при 15°C	340 Ом
Давление сжатого воздуха в цилиндре:	
номинальное	$5 \cdot 10^5 \text{ Па}$
в момент касания контактов при включении	$2,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$
в момент полного прижатия	$3,75 \cdot 10^5 \text{ Па}$
в момент отставания контактов	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$
в момент отпадания контактов	$0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Внутренний диаметр цилиндра	$45 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
Масса подвижной системы контактора	4,5 кг
Масса контактора	29 кг

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОНТАКТОРА

1. Ознакомление 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 вентилями I и II давление в резервуаре, от которого питается 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 ($5 \cdot 10^5$ Па).

Питание электропневматических вентилях контакторов осуществляется напряжением 50 В 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. Ознакомление 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 ли-

нейкой 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 регулируется 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 выключения пружины равна

$$F_{\text{пр}} = P - N_2 - T - G;$$

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, расположенной 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, освобождая 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 влияние давления воздуха в приводе на время включения контактора. 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 $5 \cdot 10^5$ Па шагом $0,5 \cdot 10^5$ 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 изображены — лабораторный автотрансформатор ЛАТР, понижающий трансформатор и выпрямительный мост, выходное напряжение которого подается на катушку контактора.

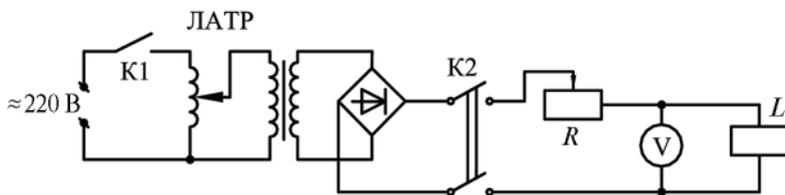


Рис. 4.5

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, а, б.

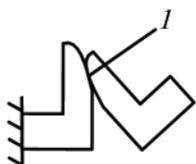


Рис. 4.6, а

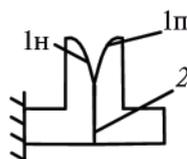


Рис. 4.6, б

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_s , 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 .

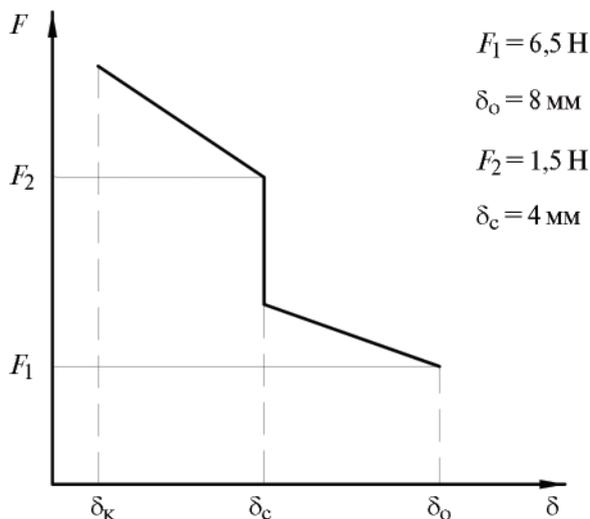


Рис. 4.7

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

$$K_{\text{в}} = U_{\text{откл}} / U_{\text{вкл}}.$$

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 $F_{\text{дин}}$, сравняется с моментом силы $F_{\text{по}}$, (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 $F_{\text{пп}}$. 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 $F_{\text{пп}}$.

8. Используя полученную в п. 7 величину $F_{\text{пп}}$, 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 $F_m(\delta)$ и зависимость $F_3(\delta)$ 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 (см. рис. 4.6, *а* и 4.6, *б*) 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)?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

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

Дополнительная

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.

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Руководство к выполнению лабораторных работ

Редактор *Д.Н. Тихонычев*
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

Тип. зак.	Изд. зак. 212	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 23.10.09	Гарнитура NewtonС	
Усл. печ. л. 2,75		Формат 60×90 _{1/16}

Издательский центр
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

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