

12/7/10

Одобрено кафедрой
«Локомотивы
и локомотивное хозяйство»

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Руководство к выполнению лабораторных работ
для студентов V курса

специальности
140606 (180700) Электрический транспорт
(железнодорожный транспорт) (ЭПС)



Москва 2005

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

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

Составитель: канд. техн. наук, доц. В.А. Гут
Рецензент: канд. техн. наук, доц. Е.П. Капустина

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 ЭЛЕКТРОВОЗА ВЛ80^с

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. На электровозах ВЛ-80^с для защиты выпрямительных установок и цепей тяговых электродвигателей от коротких замыканий применяют блок дифференциальных реле БРД-356.

Блок состоит из двух электромагнитных реле, собранных на панели 2 (рис. 1.1).

Каждое реле состоит из шихтованного магнитопровода 9, катушки 11, якоря 12 и блокировки 13. Якорь вращается на оси 10. Одним концом якорь производит переключение блокировки, на другой действует отключающая пружина 7, натяжение которой регулируется гайкой 6. Зазор *a* между якорем и полюсом магнитопровода регулируется положением шпильки 4. Реле закрыто прозрачным кожухом 3, который крепится при помощи гайки 5 и шпильки 4.

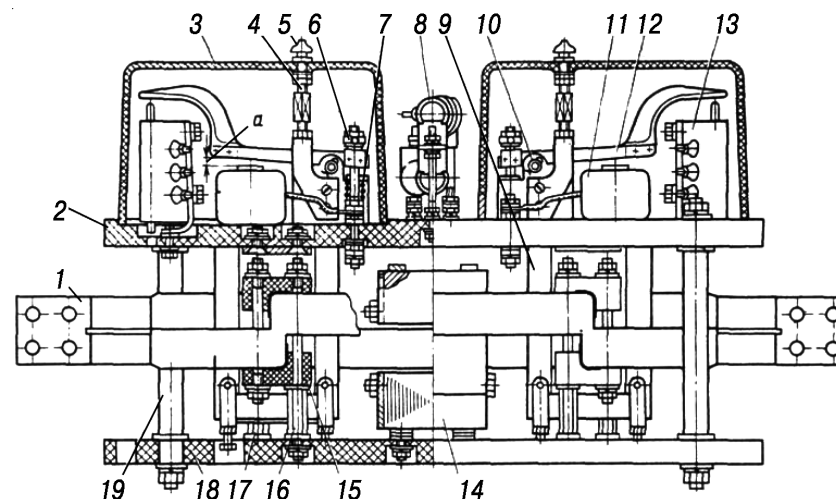


Рис. 1.1

Блок имеет общую для двух реле силовую шину 1 с двумя параллельными разветвлениями и индуктивным шунтом 14, надетым на одну из ветвей шины 1.

Силовая шина 1 с индуктивным шунтом при помощи клин 15 и шпилек 16, 17 крепится к панели 18. Панель 18 с закрепленной на ней шиной 1 и индуктивным шунтом 14 крепится стойками 19 к верхней панели 2. В нижней панели 18 имеются четыре овальных отверстия, которые предназначены для крепления блока в кузове электровоза. На верхней панели размещены добавочные резисторы 8 и клеммные рейки, осуществлен внутренний монтаж электрической цепи. В окна двух магнитных систем 1 (рис. 1.2) клапанного типа пропущены навстречу друг другу два силовых витка, являющиеся разветвлениями шины 2, выводы *A* и *B* которой подключаются в силовую цепь между равнопотенциальными точками двух выпрямительных установок (рис. 1.3). На одну из ветвей шины помещается шихтованный сердечник 3.

Ветвь, в которую включен индуктивный шунт, обладает большим индуктивным сопротивлением. Общий ток $I_{\text{общ}}$ распреде-

ляется по всем ветвям шины пропорционально их активным и индуктивным сопротивлениям. Поэтому при протекании общего тока, меняющегося во времени, будет иметь место небаланс $\Delta I = I_1 - I_2$, который зависит от скорости изменения тока и соотношения индуктивностей в ветвях шины.

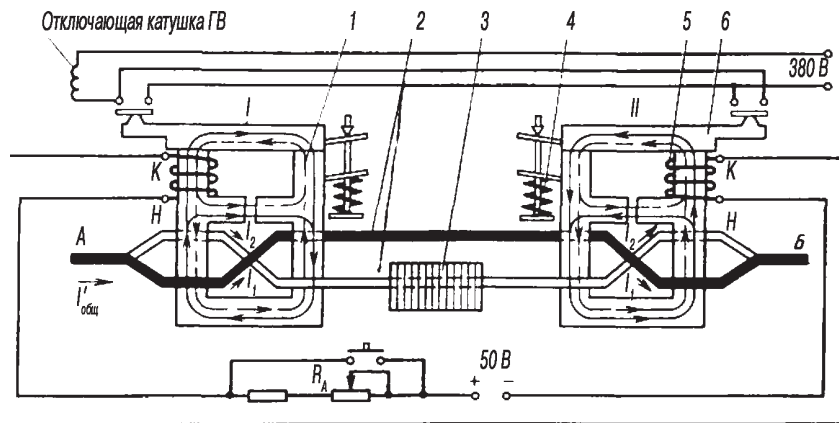


Рис. 1.2

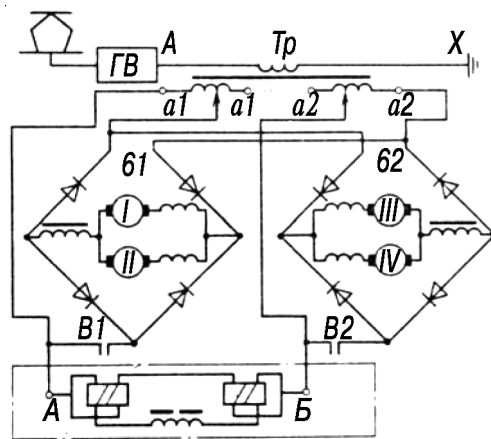


Рис. 1.3

Силовые ветви шины пропущены в окна магнитной системы таким образом, что магнитодвижущая сила от тока небаланса в одном реле действует в одну сторону, в другом реле — действует в противоположную.

Создаваемая небалансом токов намагничивающая сила может достичь такой величины, что магнитный поток в якоре реле не только уменьшится, но и, снизится до нуля, или даже 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 притянутом положении. Для предотвращения перемагничивания магнитной системы реле используется индуктивный шунт.

Магнитодвижущая сила от удерживающей катушки 5 действует на участке якоря 6 при обозначенном направлении протекания силового тока через катушку у реле I (см. рис. 1.2) встречно с магнитодвижущей силой от тока небаланса ΔI , а через катушку реле II (см. рис. 1.2) — согласно. Поэтому при аварии в правой выпрямительной установке со стороны вывода A (короткое замыкание цепи якоря тягового двигателя) резко возрастает ток в направлении от вывода A к выводу B и в следствие перераспределения токов по ветвям шины увеличивается небаланс токов. Это вызывает срабатывание реле I, которое своими размыкающими контактами замкнет цепь отключающей катушки главного выключателя. В этом случае реле II не срабатывает, так как на участке якоря магнитодвижущая сила от небаланса действует согласно с магнитодвижущей силой, удерживающей катушки.

При аварии в выпрямительной установке со стороны вывода B ток $I_{\text{общ}}$ потечет в направлении от вывода B к выводу A, что вызовет срабатывание реле II. Обе удерживающие катушки реле включены на напряжение 50 В последовательно, но с добавочными резисторами $R_{\text{д}}$.

Реле включается при подаче напряжения 50 В последовательно соединенные удерживающие катушки, минуя добавочные

резисторы. При протекании тока удержания $I_{уд}$ по катушке реле, происходит появление в магнитопроводе магнитного потока $\Phi_{уд}$, в результате чего создается сила электромагнитного притяжения $F_{\text{э}}$, которая стремится притянуть якорь к сердечнику,

$$F_{\text{э}} = \frac{1,6 \cdot (I_{уд} \cdot w)^2 \cdot S}{\delta^2}, \text{ кгс } ,$$

где w — число витков катушки;

$I_{уд}$ — ток удержания катушки, А

δ — зазор между якорем и сердечником, см;

S — площадь сердечника в воздушном зазоре, см².

После включения реле последовательно с удерживающими катушками вводятся добавочные резисторы $R_{д}$, ограничивающие ток. При этом уменьшение тока должно быть достаточным для удержания якоря в притянутом состоянии. Для регулировки тока в цепи катушек сопротивление добавочного резистора может регулироваться. Уставка реле регулируется путем изменения натяжения отключающей пружины. Поскольку ток удерживающей катушки зависит от напряжения питания цепей управления и сопротивления цепи катушки, уставка реле несколько изменяется в эксплуатации.

Ток уставки (разность токов в силовых витках $I_1 - I_2$) — 500(+50, -30) А;

Ток в цепи удерживающей катушки при включенном добавочном резисторе и напряжении 50 В должен быть в пределах 0,5–0,7 А.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из двух основных частей: верхней и нижней. *Верхняя часть* представляет собой каркас из ламинированного ДСП, на лицевой части которого расположены измерительные приборы, аппараты управления и сигнальные лампы. В *нижней части* установлен силовой трансформатор, выпрямительная установка и автотрансформатор. Испытуемый блок дифференциальных реле БРД — 356 соединен кабелями с

выпрямительной установкой и проводами с аппаратами управления. Внешний вид лабораторной установки представлен на рис. 1.4.

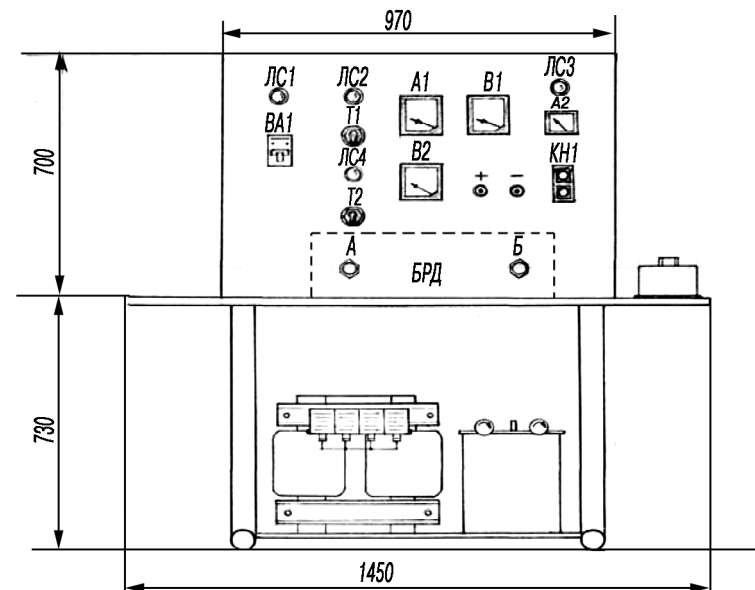


Рис. 1.4

Электрическая схема лабораторной установки представлена на рис. 1.5, Установка питается от сети переменного тока напряжением 220 В.

Электрическая схема содержит две цепи. *Одна цепь* предназначена для управления вспомогательными аппаратами схемы и питания постоянным током катушек реле БРД напряжением 50 В, катушки контактора К1 напряжением 50 В.

Включение стенда осуществляется двухфазным автоматическим выключателем АВ1. При этом загорается сигнальная лампа ЛС1 и напряжение 220 В через тумблер Т1 подается на первичную обмотку лабораторного автотрансформатора

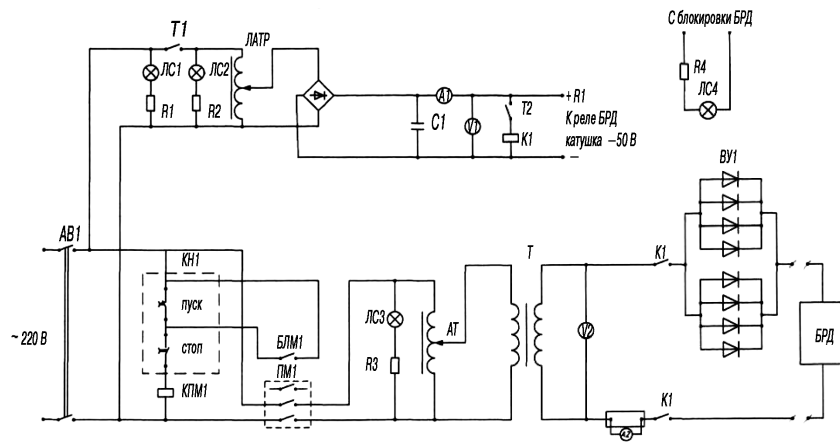


Рис. 1.5

(ЛАТР). ЛАТР предназначен для плавного регулирования напряжения и тока в цепи питания удерживающих катушек. После включения тумблера Т1 загорается лампа ЛС2. С ЛАТРа напряжение через диодный мост, амперметр А1 подается на клеммы «+», «-», к которым подсоединяются провода удерживающих катушек реле БРД. На самом блоке дифференциальных реле один провод подсоединяется к выводу «ж», а другой на вывод добавочного регулируемого резистора R_d . Для удобства эти провода подсоединяются к клеммам БРД при помощи гибких контактов типа «крокодил», так как в процессе проведения лабораторной работы они будут меняться местами. В этой цепи также имеются вольтметр В1 и амперметр А1, которые служат для контроля величин напряжения и тока удерживающих катушек реле БРД. В ходе лабораторной работы ток в катушке реле БРД должен изменяться в пределах 0,5–0,6 А.

Также от этой цепи через тумблер Т2 питается катушка силового контактора К.

Вторая цепь электрической схемы предназначена для питания силовых шин блока дифференциальных реле.

Переменное напряжение сети ~220 В через автоматический выключатель АВ1 подается на катушку магнитного пускателя ПМА

– 311. Магнитный пускатель включается кнопкой КН1 («пуск»). После включения контактов ПМ1 загорается сигнальная лампа ЛС3 и напряжение подается на первичную обмотку силового автотрансформатора АТ. Со вторичной обмотки силового автотрансформатора регулируемое напряжение поступает на первичную обмотку силового трансформатора Т (трансформатор стержневого типа мощностью 10 кВт). Вторичная обмотка трансформатора через выпрямитель ВУ соединена с силовыми шинами А – Б блока дифференциальных реле. Килоамперметр А2 предназначен для контроля величины тока в силовой цепи БРД и для определения тока уставки $I_{уст}$. В цепь первичной обмотки силового трансформатора включен вольтметр В2.

В цепь блокировки БРД включена лампа ЛС4, которая сигнализирует о моменте срабатывания реле БРД в цепи управления электровоза. На электровозе ВЛ80^с включение блокировки БРД приводит к срабатыванию ГВ и отключению силовой цепи.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и схемой блока дифференциальных реле БРД – 356. Изучить принцип действия БРД и его технические характеристики (рис. 1.1–1.3).

2. Ознакомиться с конструкцией и схемой лабораторной установки (рис. 1.4 – 1.5).

3. Перед включением установки убедиться, что все выключатели и тумблеры выключены. Рукоятки лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) и силового автотрансформатора выведены в положение «ноль» (для силового автотрансформатора по часовой стрелке до конца).

4. Подключить провода цепей управления («+» и «-» на стенде) к выводу БРД «ж» и выводу регулируемого добавочного резистора R_d соответственно. Убедиться, что силовые шины БРД подключены к выводам стенда «А» и «Б».

5. Включить АВ1, затем Т1 и при помощи ЛАТРа установить по амперметру А1 ток удерживающей катушки реле БРД $I_{уд} = 0,5$ А

6. Руками одновременно прижать якоря катушек к магнитопроводам, убедиться, что они притянулись.

7. Включить кнопку КН1 «Пуск» и при помощи автотрансформатора прибавлять напряжение начиная от 50 В с интервалом 10 В. При этом через каждые 10 В включать тумблер Т2 до момента срабатывания одного из реле. Записать показания V_2 , A_1 и A_2 в табл. 1.1.

8. После срабатывания реле выключить Т2; Т1; кнопку «стоп» КН1; АВ1.

9. Выполнить пункты 5; 6; 7; 8; при $I_{уд}=0,55$ А и $I_{уд}=0,6$ А. Записать показания приборов V_2 , A_1 , A_2 в табл. 1.

10. Подключить провода от «+» и «-» к выводу регулируемого добавочного резистора R_d и к выводу «ж» БРД соответственно и повторить выполнение пунктов 5; 6; 7; 8; 9. Результаты занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ п/п	Срабатывание правого реле БРД		
	U_2	$I_{уд}$	$I_{ср}$
	B	A	A
1			
2			
3			
№ п/п	Срабатывание левого реле БРД		
	U_2	$I_{уд}$	$I_{ср}$
	B	A	A
1			
2			
3			

11. По полученным данным табл. 1.1 построить график зависимости $I_{ср}(I_{уд})$ для обоих реле в одних осях координат.

12. Сделать выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение дифференциального реле?
2. Как включены в защищаемую цепь катушки БРД?
3. Как производится включение реле типа БРД – 356?
4. От чего зависит сила электромагнитного притяжения якоря реле к сердечнику?
5. Как происходит срабатывание БРД?
6. Как регулируется уставка БРД?

Литература

1. Электровоз ВЛ80с: Руководство по эксплуатации/ Н.М. Васько, А.С. Девятков и др. – 2-е изд.; – М.: Транспорт, 1990.

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

Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТАКТОРОВ

Цель работы: изучить конструкцию, принцип действия индивидуальных контакторов с электропневматическим и электромагнитным приводом, определение усилий, действующих на отдельные элементы контакторов.

Основные сведения. Индивидуальные контакторы предназначены для замыкания и размыкания электрических цепей под током.

Основными узлами контакторов являются (рис. 2.1): привод 7, контактная система 2, 3, дугогасительная система 1, блокировочные устройства 6. Контактная система содержит два контакта – подвижный 3 и неподвижный 2. При выборе материала контактов существенное значение имеют его электрические и

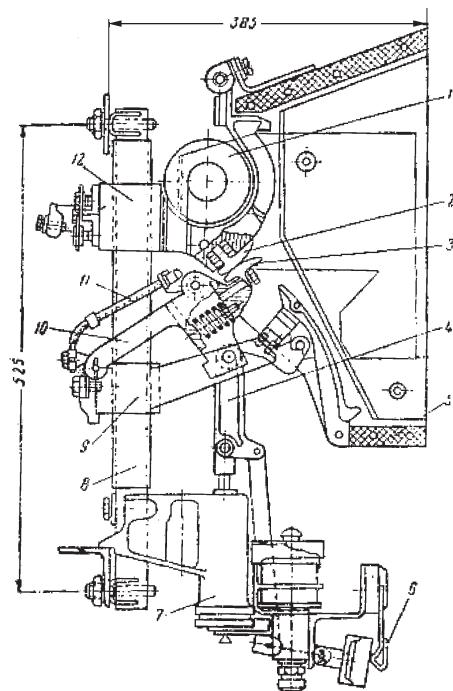


Рис. 2.1. Электропневматический контактор ПК-306

пневматическими вентилями включающего типа называют *электропневматическими*. Их применяют в силовых цепях электровозов постоянного и переменного тока с номинальным током до 1000 А и в силовых цепях электропоездов с током до 400 А и нажатием силовых контактов 13–17 кгс.

На рис. 2.2 представлена кинематическая схема электропневматического контактора

Приводом для него служит цилиндр с поршнем. Для включения контактора цилиндр привода с помощью электромагнитного вентиля δ сообщают с источником сжатого воздуха давлением 3,5–5 кг/см², под давлением воздуха поршень b в цилиндре 4 перемещается и замыкает подвижный контакт 3 с неподвижным 2. При выпуске воздуха из цилиндра поршень b под действием пружины

механические свойства: удельное сопротивление, стойкость к окислению, электропроводимость окислов, дугостойкость, износоустойчивость. Этим требованиям наиболее полно отвечает медь. Недостатком меди является то, что она легко окисляется. Для устранения окислов с поверхности контактов в процессе замыкания производится их притирание, при котором подвижный контакт перекачивается по неподвижному с небольшим проскальзыванием.

По типу привода контакторы разделяют на пневматические и электромагнитные.

Пневматические контакторы, управляемые электро-

5, помещенной над ним, возвращается в исходное положение, размыкая контакты 2, 3.

Для управления приводом контактора служит электропневматический вентиль. При возбуждении катушки вентиля происходит впуск сжатого воздуха в цилиндр и контактор включается, и при выключении катушки происходит выпуск воздуха из цилиндра — контактор выключается.

В приводе для электромагнитных контакторов используется сила притяжения якоря к сердечнику электромагнита (рис. 2.3, а) или сила, перемещающая якорь внутри сердечника (рис. 2.3, б) Якорь или подвижный сердечник при включении цепи катушки привода перемещается под действием магнитного потока и с помощью промежуточной рычажной системы производит замыкание контактора.

Наибольшее распространение получили аппараты с замкнутым магнитопроводом и поворотным перемещением якоря.

На рис 2.4 приведено устройство электромагнитного контактора МК-82 вспомогательных цепей электровоза ВЛ-80^с. Кон-

тактор имеет электромагнитный привод 1, выполненный в виде П-образной скобы, на которой смонтированы все узлы и детали аппарата. В окне скобы на призме установлен якорь 2, удержива-

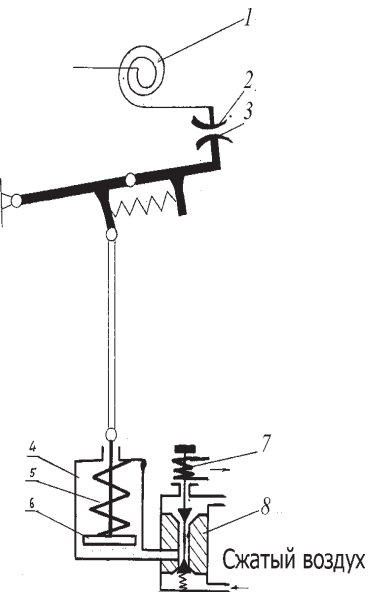


Рис. 2.2. Схема электропневматического контактора

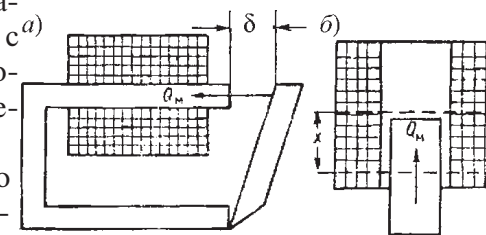


Рис. 2.3. Схемы электромагнитных приводов

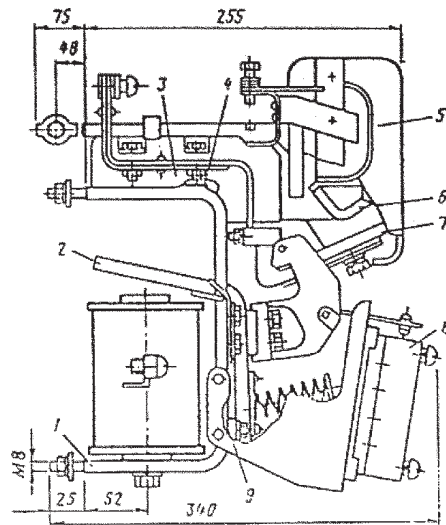


Рис. 2.4. Электромагнитный контактор МК-82

подвижный контакт 7 установлен в корпусе изоляционного кронштейна на игольчатой опоре и соединен гибким соединением с выводом контактора. Для обеспечения заданного раствора и провала контактов предусмотрены регулировочные пластины 4 и шайба 9.

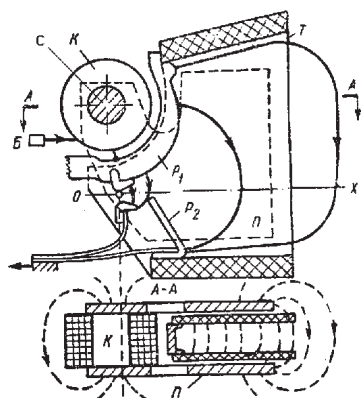


Рис. 2.5. Дугогасительная камера с электромагнитным гашением

емый специальными накладками. К скобе болтом прикреплена включающая катушка. Контактор имеет систему электромагнитного дугогашения, состоящую из дугогасительной катушки и дугогасительной камеры 5 с полюсами. Вся система смонтирована на изоляционном основании 3.

Контактная система включает в себя подвижный и неподвижный контакты с контактной пружиной. Неподвижный контакт 6 установлен на кронштейне, закрепленном на изоляционном основании, а подвижный контакт 7 установлен в корпусе изоляционного кронштейна на игольчатой опоре и соединен гибким соединением с выводом контактора.

Для обеспечения заданного раствора и провала контактов предусмотрены регулировочные пластины 4 и шайба 9. Электрическая блокировка 8 выполнена в виде отдельного узла.

Размыкание контактов индивидуальных контакторов силовых цепей приводит к возникновению электрической дуги.

Основным способом гашения дуги является ее удлинение и интенсивное охлаждение. Для этого в контакторах применяют магнитное дугогашение, основанное на перемещении электрической дуги под действием магнитного поля.

На рис. 2.5 показано устройство дугогасительной камеры с элект-

ромагнитным гашением. Последовательно с контактами в цепь разрываемого тока включена дугогасительная катушка К со стальным сердечником С. К сердечнику примыкают полюсы П, выполненные из листовой электротехнической стали. Полюсы изолированы от дуги стенками дугогасительной камеры из изоляционного дугостойкого материала.

Намагничивающая сила катушки создает в области горения дуги магнитное поле, под действием которого дуга, как проводник с током, перемещается согласно правилу левой руки перпендикулярно полю, т.е. выталкивается в дугогасительную камеру. При этом дуга переходит с контактов на дугогасительные рога Р1 и Р2 (см. рис. 2.5) и удлиняется. Один дугогасительный рог соединен с неподвижным контактом, другой находится в дугогасительной камере. Дугогасительная камера защищает от перебросов дуги на полюсы и другие близлежащие детали. Кроме того, стенки камеры способствуют охлаждению и деионизации дуги.

Существенное удлинение дуги и повышенную интенсивность ее охлаждения обеспечивают лабиринтно - щелевые дугогасительные камеры.

Рассмотрим кинематические схемы и действующие силы при включении контакторов с разными типами приводов. На рис. 2.6 представлена кинематическая схема контакторов с электропневматическим и электромагнитным приводом.

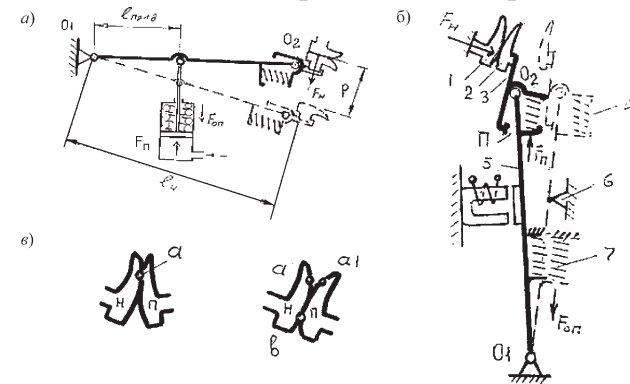


Рис. 2.6. Кинематические схемы электропневматического (а), электромагнитного (б) контакторов, схема притирания контактов (в)

При включении электромагнитного (см. рис. 2.6, б) контактора рычаг 5 поворачивается вокруг оси O_1 под действием электромагнитной включающей силы. После соприкосновения подвижного 2 и неподвижного 1 контактов начинается поворот рычага 3 подвижного контакта вокруг оси O_2 . В процессе поворота сжимается притирающая пружина 4 и контакты соприкасаются в точке a рис. 2.6, в. Далее подвижный контакт П катится по неподвижному Н и одновременно скользит по нему, в результате чего расстояние перемещения по неподвижному контакту меньше, чем по подвижному, т.е. $a b < a_1 b$. Соответственно, проскальзывание контактов обеспечивается нажатием притирающей пружины и провалом контакторов.

Провал — это расстояние на которое переместится («провалится») подвижный контакт если удалить неподвижный.

Контролируют провал по величине зазора $П$ (см. рис. 2.6, б) между поворотным рычагом 5 и рычагом 3 подвижного контакта.

По мере износа контактов в эксплуатации провал уменьшается. Его восстанавливают смещением неподвижного контакта. При этом должен выдерживаться еще один нормируемый параметр — раствор, расстояние между контактами выключенного контактора (см. рис. 2.6, а).

У включенного контактора контакты должны быть прижаты друг к другу с определенной силой. Чем больше рабочий ток контактора, тем больше должна быть сила нажатия контактов.

У электромагнитного контактора (рис. 2.6, б), вращение рычага 5 ограничено вокруг оси O упором, роль которого выполняет сердечник электромагнитного привода. Сила нажатия контактов F_{Π} (рис. 2.6, б), из условия равенства моментов сил относительно неподвижной оси вращения O_2 :

$$F_{\Pi} \cdot l_{\Pi} - F_{\text{Н}} \cdot l_{\text{Н}} = 0, \quad (2.1)$$

где l_{Π} — плечо силы притирающей пружины, равное расстоянию от оси вращения до линии действия силы пружины F_{Π} ;

$l_{\text{Н}}$ — плечо силы $F_{\text{Н}}$, равное расстоянию от оси вращения O_2 до линии действия силы $F_{\text{Н}}$.

Из уравнения (2.1)

$$F_{\text{Н}} = F_{\Pi} \frac{l_{\Pi}}{l_{\text{Н}}}$$

У контакторов с пневматическим приводом (см. рис. 2.6, а) роль ограничивающего упора выполняет неподвижный контакт.

Сила нажатия контактов в этом случае зависит от включающей силы привода $F_{\text{прив}}$

$$F_{\Pi} \cdot l_{\text{прив}} - F_{\text{Н}} \cdot l_{\text{Н}} = 0,$$

отсюда
$$F_{\text{Н}} = F_{\Pi} \cdot \frac{l_{\text{прив}}}{l_{\text{Н}}},$$

где $l_{\text{прив}}$, $l_{\text{Н}}$ — плечи силы привода $F_{\text{прив}}$ и $F_{\text{Н}}$ нажатия относительно оси O_1 .

Пневматический привод (см. рис. 2.6, а) состоит из цилиндра, поршня со штоком и отключающей пружины. При включении электропневматического вентиля сжатый воздух подается в цилиндр контактора. Создается при этом приведенная, включающая сила.

$$F_{\text{прив}} = F_{\Pi} - F_{\text{оп}} - F_{\text{тр}} - F_G,$$

где F_{Π} — сила давления воздуха на поршень;

$F_{\text{оп}}$ — сила отключающей пружины;

$F_{\text{тр}}$ — сила трения поршня;

F_G — сила веса подвижных частей привода.

После обесточивания электромагнитного вентиля воздух из цилиндра привода уходит в атмосферу. Отключение электромагнитного контактора происходит под действием силы $F_{\text{оп}}$ (см. рис. 2.6, б) отключающей пружины.

Для включения электромагнитного контактора используется электромагнитный привод (рис. 2.7). Магнитопровод приводного механизма включает в себя сердечник 1, ярмо 2 и подвижный якорь 3, который может вращаться вокруг оси O_1 . На

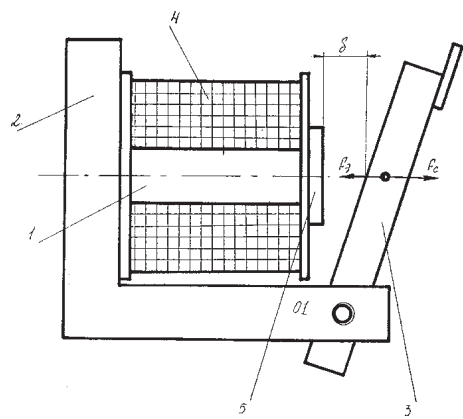


Рис. 2.7. Схема действия привода с замкнутым магнитопроводом и поворотным перемещением якоря

сердечник надета включающая катушка 4 с числом витков W . Величина включающей электромагнитной силы зависит от величины магнитного потока Φ , создаваемого магнитодвижущей силой (МДС) катушки Iw .

Зависимость силы F_3 от воздушного зазора δ (рис. 2.8) при неизменном токе включающей катушки называется тяговой характеристикой привода. Воздушный зазор между якорем и сердечником при включенном контакторе называют начальным зазором и обозначают δ_0 . У включенного контактора между якорем и сердечником остается зазор, который обозначается δ_k и называется конечным зазором. Зазор δ_k требуется для предотвращения «залипания» якоря под действием остаточной намагниченности стальных деталей магнитопровода. Конструктивно наличие зазора обеспечивается за счет прокладки из немагнитного материала или за счет ступенчатого полюсного наконечника.

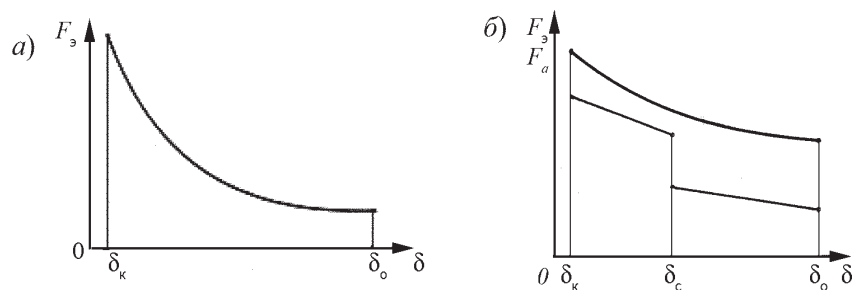


Рис. 2.8. Тяговая (а) и механическая (б) характеристики электромагнитного привода

При включении контактора электромагнитная сила преодолевает усилия отключающей пружины и притирающей, силы веса подвижных частей и сил трения в шарнирах. По мере уменьшения зазора δ отключающая пружина деформируется и сила пружины увеличивается. При зазоре δ_c соприкасаются подвижный и неподвижный контакты. При этом начинает оказывать сопротивление движению притирающая пружина 4 (см. рис. 2.6, б). До тех пор пока момент электромагнитной силы не превысит суммы моментов сил отключающей пружины и силы начального натяжения притирающей пружины, воздушный зазор будет оставаться равным δ_c . В интервале $\delta_c - \delta_k$ деформируются отключающая и притирающая пружины. Поэтому угол наклона механической характеристики (см. рис. 2.8, б) в интервале больше $(\delta_k - \delta_c)$ чем в интервале $\delta_0 - \delta_c$.

Для того, чтобы аппарат полностью включился (зазор δ стал равен δ_k) все точки тяговой характеристики $F_3(\delta)$ (см. рис. 2.8, б) должны лежать выше точек механической характеристики $F_m(\delta)$. Это условие согласования характеристик должно выполняться при минимальном рабочем токе катушки.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 2.9) представляет собой стол, изготовленный из профильного металла и закрепленной на нем столешницы из декоративной плиты.

К металлическому каркасу стола крепятся балки, несущие на себе исследуемые контакторы: электропневматический типа ПК-306 электропоезда переменного тока ЭР9М и электромагнитный типа МК-93 электровоза переменного тока ВЛ80С.

Пневматический цилиндр контактора с помощью резино-тканевого шланга присоединен к воздушной магистрали лаборатории. На стенде расположен пульт управления, электрическая схема которого приведена на рис. 2.10.

На пульте располагаются тумблер В1, включающий напряжение 110В, тумблер В2 - для включения электропневматического вентиля контактора ПК-306. Тумблер В3 при включении подает напряжение 220В на автотрансформатор и выпрямитель-

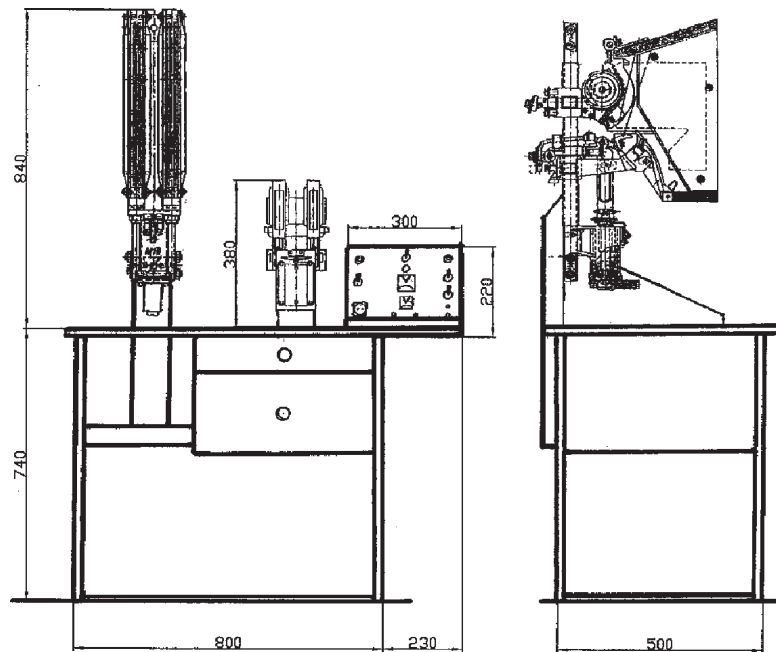


Рис. 2.9. Общий вид лабораторной установки

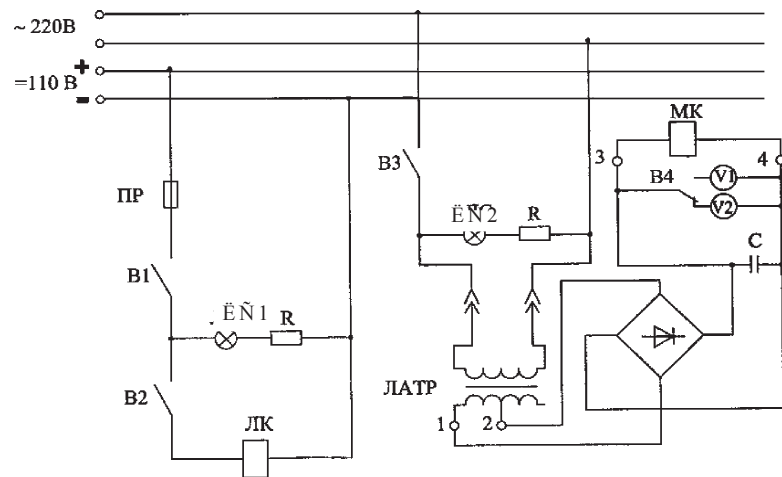


Рис. 2.10. Электрическая схема лабораторной установки

ный мост, служащий для подачи постоянного напряжения на катушку электромагнитного контактора. Вольтметрами V_1 и V_2 контролируют величину напряжения включения и отключения контакторов. Переключение вольтметров производят тумблером B4. На пульте расположены сигнальные лампы: ЛС-1, контролирующая наличие напряжения 110В и ЛС-2, контролирующая наличие напряжения 220В.

В комплект лабораторного стенда входит специальное приспособление: «рычаг» и динамометр, служащий для измерения усилия нажатия контактов контактора ПК-306.

Порядок проведения исследования электропневматического контактора

1. Ознакомиться с конструкцией лабораторной установки и электрической схемой пульта управления.
2. Изучить конструкцию и принцип действия электропневматического контактора.
3. Включить тумблер B1 подачи напряжения 110 В. При этом загорается сигнальная лампа ЛС1.
4. Убедиться в наличии сжатого воздуха в воздушной магистрали лаборатории и тумблером B2 включить электропневматический контактор.
5. Установить на ось рычага подвижного контакта приспособление для измерения силы отключающей пружины и зафиксировать его. Приспособление должно опираться на подвижные контакты контактора вокруг оси рычага.
6. Включить контактор. Используя динамометр, определить силу $F_{\text{дин}}$ при которой появляется зазор между подвижными и неподвижными контактами. Сила $F_{\text{дин}}$ должна быть приложена к концу приспособления и направлена вертикально. Давление воздуха при проведении опыта должно быть в пределах 4–5 кгс/см².
7. Составить расчетную кинематическую схему, на которой показать действующие на приспособление силы и их плечи в виде расстояний до центра вращения. Сила давления воздуха на поршень

$$F_{\text{п}} = \frac{\pi \cdot dn^2}{4} p,$$

где dn — диаметр поршня пневматического привода, $dn = 58$, мм;
 p — давление воздуха в магистрали, кгс/см².

Силами трения и веса подвижных частей пренебречь. При этом допущении сила, которая действует на приспособление через шток поршня равна разности силы давления воздуха $F_{\text{п}}$ и силы отключающей пружины $F_{\text{пр}}$. Плечи сил нужно измерить и проставить их значения на расчетной схеме.

8. Используя расчетную схему и условие равенства нулю суммы моментов всех сил, действующих на приспособление при проведении опыта, рассчитать силу отключающей пружины $F_{\text{пр}}$.

9. Рассчитать силу нажатия контактов при давлении воздуха 5 и 3,5 кг/см². Для этого составить расчетную схему на которой показать действующие на рычаг подвижного контакта силы и расстояния до центра вращения.

10. Снять приспособление и выключить напряжение 110 В на пульте управления.

Порядок проведения исследования электромагнитного контактора

1. Изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного контактора.

2. Включить тумблер ВЗ для подачи напряжения 220 В, при этом загорается сигнальная лампа ЛС2.

3. Повышая напряжение с помощью ЛАТРа определить напряжение $U_{\text{вкл}}$, при котором контактор включается.

4. С помощью динамометра определить усилие нажатия подвижного контакта.

5. Постепенно уменьшая напряжение на катушке, определить напряжение $U_{\text{откл}}$, при котором контактор отключается.

Рассчитать величину коэффициента возврата электромагнитного привода по формуле:

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

6. Определить силу притирающей пружины при включенном контакторе. Для этого необходимо нажимать на рычаг подвижного контакта перпендикулярно линии действия силы притирающей пружины $F_{\text{пр}}$. Показания динамометра зафиксировать в момент появления зазора между контактами. Составить расчетную кинематическую схему, показать действующие на рычаг силы и их «плечи», исходя из равенства моментов этих сил. Затем рассчитать силу $F_{\text{пр}}$.

7. Рассчитать силу нажатия контактов, используя полученное ранее значение $F_{\text{пр}}$. Для этого составить новую расчетную кинематическую схему, на которой показать действующие на рычаг подвижного контакта силы и их плечи. Выяснить, почему на расчетной схеме нужно показать силу упругой деформации неподвижного контакта, а не силу, с которой подвижный контакт действует на неподвижный.

8. После окончания опытов регулятор ЛАТРа установить на «0» и выключить питание стенда.

Контрольные вопросы

1. Что такое растреп и провал контактов?
2. Как изменяется величина провала при увеличении раствора контактов?
3. Как изменится усилие нажатия контактов при изменении давления сжатого воздуха?
4. За счет чего растягивается дуга при включении контактора?
5. Изменится ли направление электромагнитной силы растягивающей дуги при изменении направления тока через контактор?

Литература

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ВЕНТИЛЬНОГО ПЕРЕХОДА

Цель работы. Изучить способ вентильного перехода при переключении секций вторичной обмотки трансформатора и принцип построения силовой схемы электропоезда переменного тока.

Основные сведения. Основным средством регулирования напряжения на ЭПС переменного тока служит изменение коэффициента трансформации трансформатора. Для этого используют различные способы:

- регулирование на стороне низкого напряжения трансформатора, Применяется на отечественных электровозах и электропоездах переменного тока (ВЛ80, ВЛ60, ЭР9, ЭД9);
- регулирование на стороне высокого напряжения — высоковольтное регулирование. Применяется на пассажирских электровозах ЧС4 Чехословацкого производства.

Указанные способы перехода должны удовлетворять следующим требованиям:

- переход с одной ступени на другую должен осуществляться без разрыва силовой цепи;
- при одновременном замыкании соседних контакторов не должно быть к.з. секции обмотки трансформатора.

В зависимости от способа перехода различают схемы с активными переходными резисторами — переходными реостатами, с индуктивными переходными сопротивлениями и схемы с вентильным переходом.

Рассмотрим способ регулирования с использованием схемы вентильного перехода.

В такой схеме одно плечо выпрямительного моста выполняют с разветвлением, а часть вентилей используется при переходах с одной ступени напряжения на следующую для предотвращения короткого замыкания секций трансформатора. Принцип такого перехода представлен на рис. 3.1.

При включенном контакторе *A* ток в цепи протекает через часть обмотки трансформатора с напряжением U_T от т. 1 через нагрузку

к т. 0. После замыкания контактора *B* в цепь вводится дополнительно секция с напряжением ΔU , причем замыкание контактора *B* при включенном контакторе *A* не вызывает короткого замыкания секций 1–2 трансформатора. Число вентилей в разветвлениях I и II выбирают исходя из величины обратного напряжения ($\sqrt{2} \cdot \Delta U$) одной секции трансформатора.

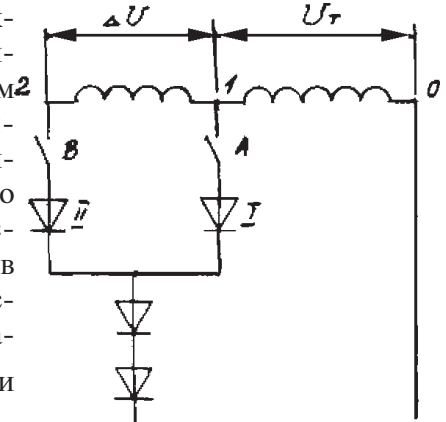


Рис. 3.1

При вентильном переходе облегчаются условия дугогашения в контакторах. Во время прямых переходов, т.е. в сторону повышения напряжения, контакторы тока не разрывают.

Так, при одновременном замыкании контакторов *A* и *B* цепь тока проходит через контактор *B* и ответвление II. Контактор *A* не обтекается током, поскольку ток в проводящий полупериод течет к т. 0 от т. 2 с более высоким потенциалом, чем т. 1.

Благодаря этому контактор *A* выключается без разрыва тока и он может быть выполнен без дугогашения.

На электропоездах переменного тока типа ЭР9 в/и, ЭД9 в/и применена схема регулирования напряжения вторичной обмотки трансформатора, в которой вентильный переход применен в двух плечах моста для их отдельного переключения.

Упрощенная схема силовых цепей представлена на рис. 3.2.

Рассмотрим работу силового электрооборудования при пуске электропоезда.

Изменение величины напряжения осуществляют последовательным подключением контакторами главного контроллера различного числа секций обмотки низшего напряжения трансформатора

Последовательность замыкания контакторов главного контроллера приведена в табл. 3.1. На первой позиции вала ГК замкнуты контакторы 1; 12.

Таблица 3.1

Положение контроллера машиниста	Позиция вала ГК	Контакты силовые										Контакты управления									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
М	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	12	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5	ГК6	ГК7	ГК8
I	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК3	ГК2	ГК3	ГК3	ГК5	ГК5	ГК5
	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК3	ГК2	ГК3	ГК3	ГК5	ГК5	ГК5
	4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК3	ГК2	ГК3	ГК3	ГК5	ГК5	ГК5
	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК3	ГК2	ГК3	ГК3	ГК5	ГК5	ГК5
	6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК3	ГК2	ГК3	ГК3	ГК5	ГК5	ГК5
	7	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК3	ГК2	ГК3	ГК3	ГК5	ГК5	ГК5
II	8	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК4	ГК2	ГК2	ГК4	ГК4	ГК4	ГК4	ГК3
	9	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК4	ГК2	ГК2	ГК4	ГК4	ГК4	ГК4	ГК3
	10	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК4	ГК2	ГК2	ГК4	ГК4	ГК4	ГК4	ГК3
	11	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК4	ГК2	ГК2	ГК4	ГК4	ГК4	ГК4	ГК3
III	12	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК5	ГК2	ГК2	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5
	13	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК5	ГК2	ГК2	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5
	14	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК5	ГК2	ГК2	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5
	15	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК5	ГК2	ГК2	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5
	16	1	2	1	1	1	1	1	1	11	12	11	12	ГК5	ГК2	ГК2	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5	ГК5

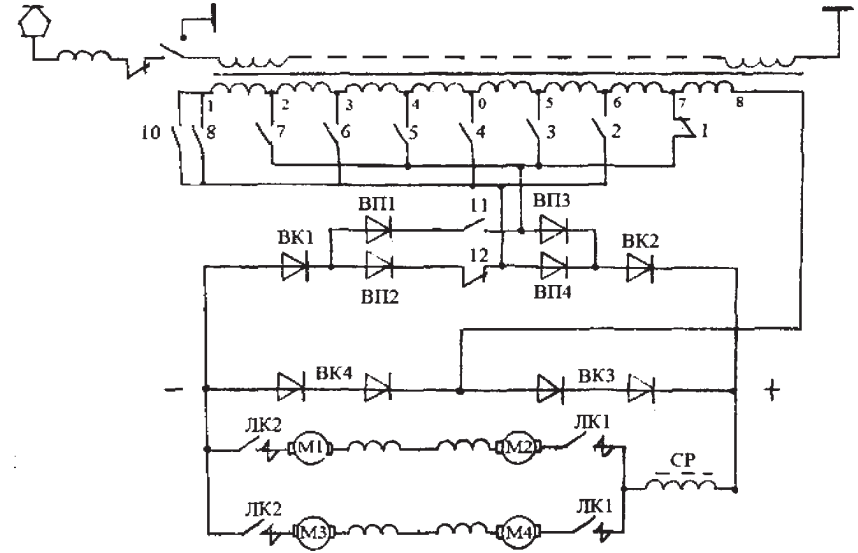


Рис. 3.2

На рис. 3.3, а приведена схема питания тяговых двигателей от одной секции 7–8 обмотки трансформатора.

Сплошными стрелками показан путь тока при ЭДС вторичной обмотки, направленной от вывода 8 к выводу 7. К нагрузке в этом случае приложено однополупериодное выпрямленное напряжение, среднее значение которого составит:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_m \sin \omega t = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,45U_2.$$

Эту ступень используют в качестве маневровой. Она необходима для плавного трогания с места и движения с небольшой скоростью.

На 2-й позиции ГК (1 положение ручки контроллера машиниста) замкнуты контакторы 1;11;12 (см. рис. 3.3, б). В оба полупериода к нагрузке приложено напряжение одной секции обмотки трансформатора.

Среднее напряжение на нагрузке:

$$U_{d2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_m \sin \omega t \, d\omega t = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,9U_2.$$

При повороте вала ГК на третью позицию вначале размыкается контактор 12 не обтекаемый током, а затем замыкается контактор 2. Таким образом, на третьей позиции замкнуты контакторы 1; 2; 11. Напряжение на двигателях повышается, поскольку в полупериод, когда ЭДС вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода 8 к выводу 6, к выпрямительной установке приложено напряжение двух секций тяговой обмотки трансформатора. Путь тока на рис. 3.3, в в этом случае показан сплошными стрелками. Во второй полупериод, когда ЭДС обмотки трансформатора направлена от вывода 6 к выводу 8, на двигатели подается напряжение только одной секции 7–8,

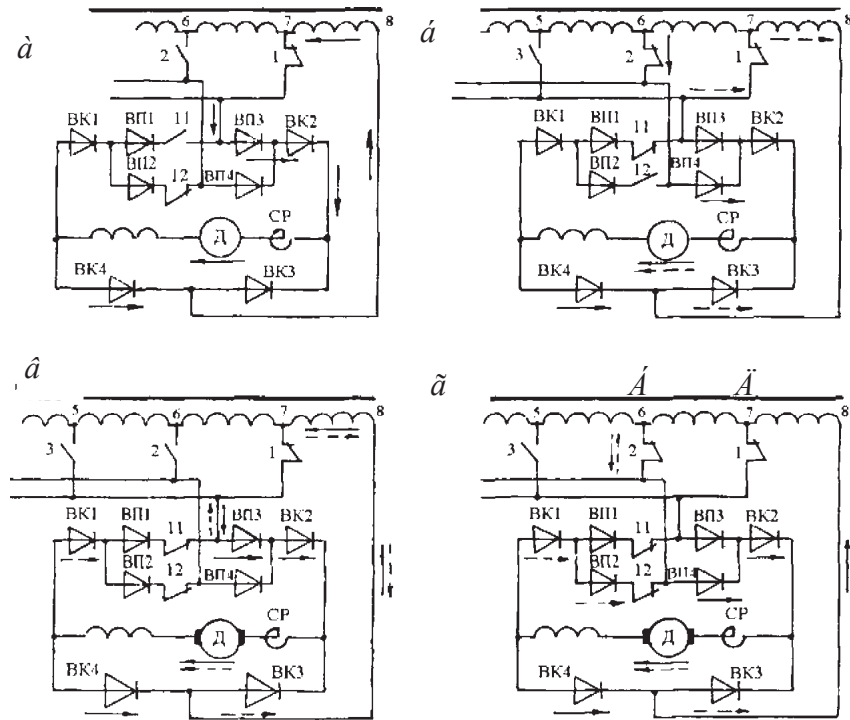


Рис. 3.3

так как цепь соединения выпрямителя с выводом 6 через вентили перехода ВП2 разорвана контактором 12. Путь тока в этот полупериод показан пунктирными стрелками.

Таким образом, третья позиция отличается повышенной пульсацией, так как в первый полупериод напряжение на двигателях равно напряжению двух секций обмотки трансформатора, а во второй полупериод — напряжению одной секции.

Среднее напряжение на нагрузке на третьей позиции

$$U_{d3} = 0,9U_T + 0,45U_T = 1,35U_T.$$

Повышенную пульсацию вследствие неравенства подводимого напряжения в разные полупериоды имеют все последующие нечетные позиции до 15-й включительно. Эти позиции используют только как переходные в процессе пуска.

На четвертой позиции включается контактор 12 (рис. 3.3, г) и в оба полупериода двигатели получают питание от двух секций вторичной обмотки трансформатора. Контактторы 1 и 11 на четвертой позиции обесточены, т.к. цепь тока проходит только по вентилям перехода ВП2 и ВП4.

Это объясняется тем, что потенциал точки *Б*, связанной с выводом 6 двух секций трансформатора, в один из полупериодов выше потенциала точки *А*, соединенной с выводом 7 одной секции трансформатора (ЭДС направлена от вывода 8 к выводу 6 — сплошные стрелки), а в другой полупериод потенциал точки *Б* ниже потенциала *А* (ЭДС направлена от вывода 6 к выводу 8 — пунктирные линии). На четвертой позиции контакторы 1 и 11 не обтекаются током и при переходе на пятую позицию отключаются без разрыва тока, что позволило их выполнить без дугогашения.

На пятой позиции после размыкания контакторов 1 и 11 замыкается контактор 3. При этом вновь создается режим выпрямления с повышенной пульсацией. Питание электродвигателей в первый полупериод осуществляется напряжением от трех секций 5–8 тяговой обмотки трансформатора по цепи вентилялей перехода ВП3, во второй полупериод — от двух секций 6–8 по цепи вентилялей перехода ВП1.

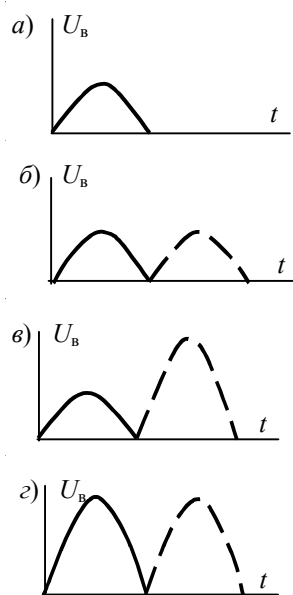


Рис. 3.4

уменьшения нагрева при длительном протекании тока контакторы 8 и 10 включены параллельно.

Описание лабораторной установки

Установка состоит из двух частей: лабораторного макета (рис. 3.5) и лабораторного стенда (рис. 3.6). Макет представляет собой пространственную конструкцию, каркас которой выполнен из стали 20×20 мм. Стенки макета выполнены из изоляционного материала — текстолита. Внутри находится маломощный трансформатор, первичная обмотка которого, включена в сеть напряжением 220 В. Вторичная обмотка имеет 8 одинаковых секций напряжением 20 В. Включение контактов группового контроллера 1... 8 имитируется с помощью многопозиционного галетного переключателя, расположенного на лицевой панели макета. Подключение расщепленных плеч выпрямительного моста для осуществления способа вентильного перехода производится тумблерами 11, 12, расположенными на лицевой панели.

Кривые выпрямленных напряжений при холостом ходе трансформатора на первой, второй, третьей и четвертой позициях ГК представлены на рис. 3.4.

Дальнейший процесс повышения напряжения на тяговых двигателях до 16-й позиции аналогичен описанному выше: на нечетных позициях разомкнут один из контакторов 11 или 12 и осуществляется несимметричный режим выпрямления с повышенной пульсацией, а на четных позициях контакторы 11 и 12 замкнуты и осуществляется двухполупериодное симметричное выпрямление с нормальной пульсацией тока.

На 16-й позиции выпрямительный мост включен на полное напряжение всех восьми секций обмотки низшего напряжения трансформатора. Для

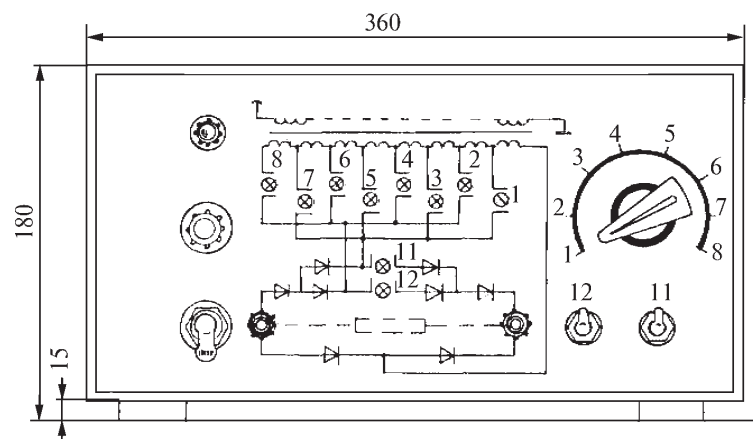


Рис. 3.5

Контроль за включением контакторов 11–12 производится по загоранию сигнальных ламп, встроенных в контакты силового контроллера.

В качестве нагрузки для выпрямительного моста используют резистор сопротивлением 47 кОм, 1 Вт. Лабораторный стенд (см. рис. 3.6) содержит преобразовательные устройства, в которые входит трансформатор 1ТР-071, имеющий первичную обмотку, рассчитанную на напряжение 220 В и вторичную обмотку с номинальным напряжением 188 В. Она состоит из

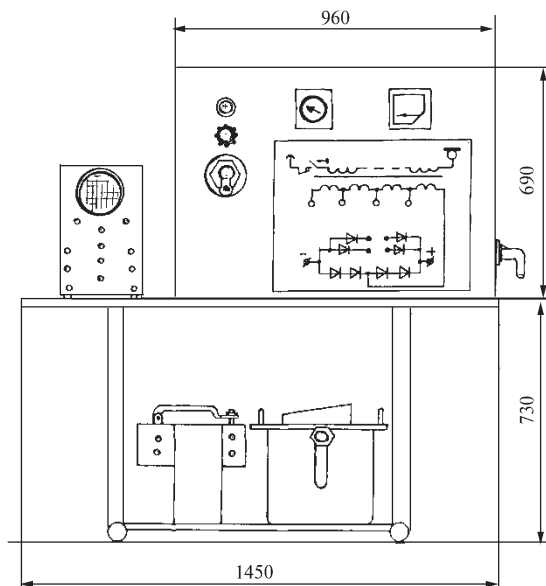


Рис. 3.6

четырёх равных по напряжению секций, соединённых последовательно. Вентили выпрямительного моста с расщеплением плеч расположены в стандартных кассетах электропоезда ЭР-9. В выпрямительной установке используются вентили типа ВЛ-200, (10–12) классов.

Выводы обмотки низшего напряжения трансформатора соединены с силовыми контакторами 1–4 группового переключателя с помощью контактов разъединителя РУМ. Контактры 11, 12 подключают расщепления плеч выпрямительного моста к четным и нечетным шинам ГК. Электрическая схема лабораторного стенда представлена на рис. 3.7.

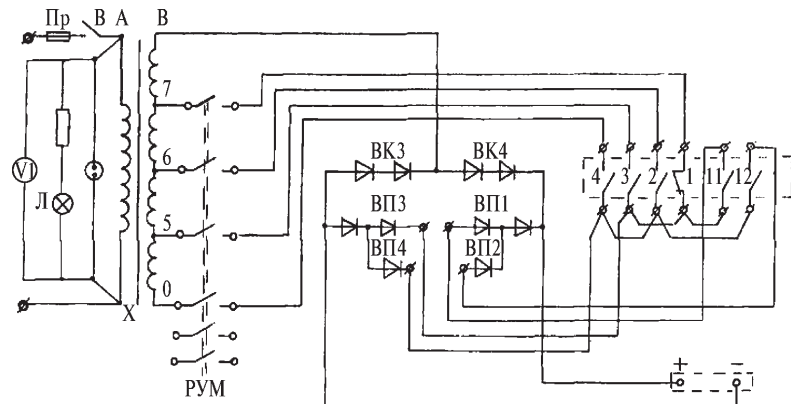


Рис. 3.7

На лицевой панели лабораторного стенда имеются предохранитель *Пр*, выключатель *В*, сигнальная лампа *ЛС*, сетевой вольтметр *V1*, вольтметр *V2* для контроля напряжения вторичной обмотки трансформатора в процессе регулирования.

В комплект лабораторной установки входит электронно-лучевой осциллограф.

Порядок выполнения работы

1. Включить на макете тумблер «СЕТЬ». При этом на лицевой стороне панели загорается сигнальная лампа, свидетельствующая о готовности схемы к работе. Соединить клеммы нагрузки с входом «У» осциллографа.

2. Установить ручку переключателя в положения 1...8. При этом будут поочередно включаться контакторы 1...8 в соответствии с табл. 3.1 замыкания контакторов. Тумблеры 11, 12 включать также в соответствии с таблицей замыкания контакторов для выбранной позиции.

3. С помощью вольтметра постоянного тока измерить напряжение на нагрузке для каждой позиции. Кривые выпрямленного напряжения при холостом ходе трансформатора наблюдать на экране осциллографа.

4. Обработать результаты измерений.

5. Нарисовать с экрана осциллографа кривые выпрямленного напряжения на 1–4 позициях. Определить ходовые позиции в процессе регулирования.

6. Вывести формулы для определения выпрямленного напряжения при холостом ходе трансформатора для четных и нечетных позиций главного контроллера.

Контрольные вопросы

1. Какие преимущества имеет схема вентильного перехода по сравнению со схемой с переходным реактором?

2. За счет чего в схеме с вентильным переходом увеличивается число переходных позиций и достигается плавность пуска ЭПС?

3. К чему может привести пробой одного из расщеплений выпрямительного моста?

4. Почему в схеме с вентильным переходом контакторы ГК могут быть выполнены без дугогашения?

Литература

1. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. — М.: Транспорт, 1978.

2. Электроподвижной состав с полупроводниковыми преобразователями/ Б.Н. Тихменев, К.А. Голованов, В.Д. Радченко, З.М. Рубчинский — М.: Транспорт, 1967.

3. Электропоезда переменного тока/ М.М. Авдеев, В.А. Гут, В.И. Томчук, В.А. Хряев — М.: Транспорт, 1985.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППОВОГО КОНТАКТОРА ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы: изучить конструкцию, принцип действия контроллера силового типа КСП–6Б с пневматическим приводом, способы регулирования времени вращения кулачкового вала, порядок проверки диаграммы замыкания контакторов, определение усилия нажатия силовых контактов.

Основные сведения. Групповыми контакторами называют аппараты, состоящие из нескольких контакторных элементов, связанных между собой механически таким образом, что при работе привода аппарата контакторные элементы замыкаются и размыкаются в заданной последовательности.

Основными частями группового контактора являются: кулачковые контакторы выключающего типа (включаются за счет действия собственной включающей пружины, выключаются при набегании выступа кулачковой шайбы на ролик контактора), кулачковый вал с кулачковыми шайбами, привод аппарата, блокировочное устройство и корпус.

Применяемый на электропоездах переменного тока групповой контактор (контроллер силовой) с пневматическим приводом типа КСП–6Б является основным аппаратом автоматического управления пуском поезда путем переключения числа витков вторичной обмотки трансформатора и ослаблением возбуждения тяговых двигателей.

Конструкция группового контактора типа КСП–6Б электропоезда переменного тока, представлена на рис 4.1.

На раме 1 укреплен групповой вал 5, на котором установлено 18 кулачковых шайб для управления силовыми контакторами 9, шестернями 6 с передаточным отношением 1:1. С групповым валом связан блокировочный вал 8, на котором установлено 13 шайб для блок-контактов цепи управления.

Контроллер приводится в действие приводом 3 системы проф. Л.Н. Решетова, управляемым с помощью электропневматических вентилях 4. В схеме управления приводом исполь-

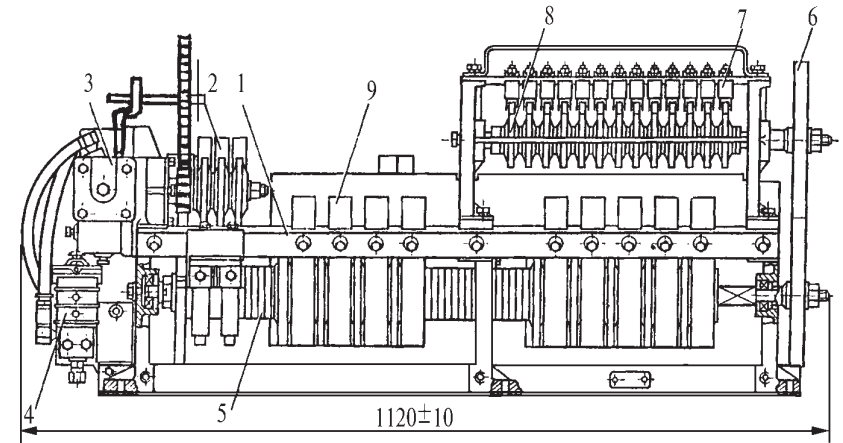


Рис. 4.1

зуются кулачковые контакторы 7 цепей управления, расположенные непосредственно на его валу.

Работа силового контроллера осуществляется при помощи многопозиционного привода, который состоит из двух цилиндров 1 (рис. 4.2), с картером и поршнями 3 (диаметр 58 мм, ход 56 мм), соединенными общим штоком 6.

Шток по концам имеет вырезы для установки роликов 7, вращающихся на игольчатых подшипниках 8, посредством которых движение поршней передается трехконечной звезде 5. Звезда напрессована и приварена к валику 4, вращающемуся в двух шариковых подшипниках, запрессованных в подшипниковый щит 2. Последний укрепляется на цилиндрах привода винтами с потайной головкой. Цилиндр резиновым трубопроводом 9 соединен через коллектор 11 с электропневматическими вентилями 10 типа ВВ-3Г, которые в свою очередь соединены с воздушной магистралью.

Для регулировки подачи сжатого воздуха в полости цилиндров служат два регулировочных вентиля 12. При возбуждении одной из катушек электропневматического вентиля сжатый воздух будет давить на поршень и заставит его, а вместе с ним и рейку начать продольное перемещение в одно из крайних положений. При этом ролик приблизится к звезде и, катясь по профилю

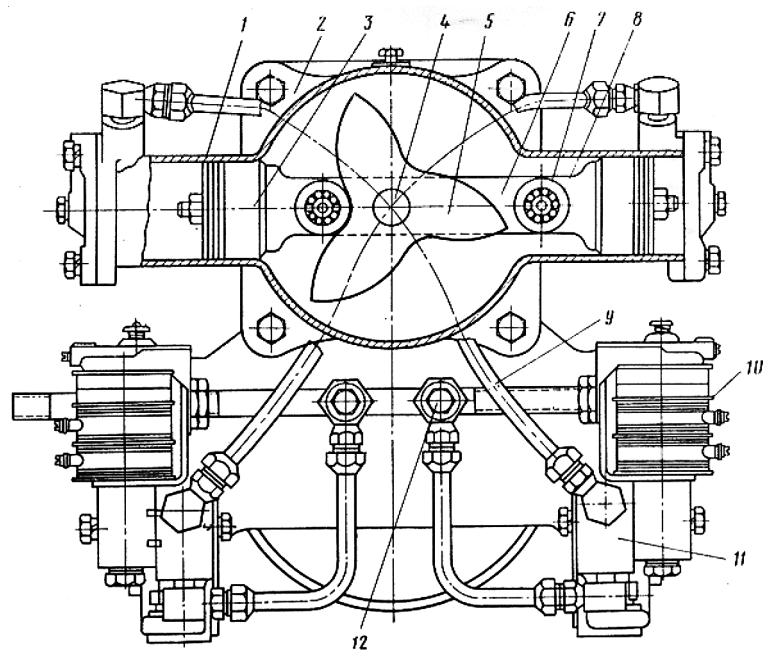


Рис. 4.2. Пневматический привод силового контроллера

звезды, заставит ее повернуться на 60° . Для последующего поворота звезды, а, следовательно, и кулачкового вала контроллера необходимо возбудить другой вентиль, который был до этого обесточен, и поршень с рейкой переместится в другое крайнее положение и повернет звезду еще на 60° и т.д.

Особенностями этого привода являются:

- обязательное равенство углов между всеми позициями кулачкового вала, в том числе между последней и первой позицией. Угол между ними должен равняться $360^\circ/n$, где n — целое число позиций. Так, для электропоездов переменного тока число позиций 20, угол между позициями составляет 18° ; при прекращении процесса пуска на любой рабочей позиции привод не может быть возвращен на нулевое положение иначе, как путем возвращения его в холостую вперед до окончания полного оборота кулачкового вала на 360° .

- для улучшения фиксации позиций на главном валу контроллера установлены два механических фиксатора, работающих поочередно через одну позицию. Для предотвращения прогиба главного вала (ввиду большой его длины) средняя его часть опирается на роликовый люнет, укрепленный на средней раме контроллера.

Технические данные группового контактора КСП-6Б

Номинальное напряжение силовой цепи, В	2200
Номинальное напряжение цепи управления, В	110
Длительный ток силовых контакторов КР-6А, А	350
Длительный ток силовых контакторов КР-8А, А	100
Число рабочих позиций	20
Угол поворота кулачкового вала на одну позицию	18°
Диаметр цилиндра привода, мм	58
Ход поршня, мм	56
Тип включающего вентиля	ВВ-3Г
Время вращения кулачкового вала от 1- до 20-й позиции при давлении 0,5 МПа (5 кгс/см), с	6—8
Масса, кг	110

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 4.3) представляет собой стол, на котором установлены групповой контактор (силовой контроллер) типа КСП-6Б и пульт управления.

Для обеспечения работы пневматический привод подключен к воздушной магистрали лаборатории.

Электрическая схема пульта управления представлена на рис. 4.4.

На пульте управления расположены:

- выключатель «В1» сети 110В;
- предохранитель Пр;
- сигнальная лампа ЛС1 контроля наличия напряжения 110 В;
- кнопки управления (Кн2, Кн3) работой электропневматических вентилях ГКИ и ГКП;

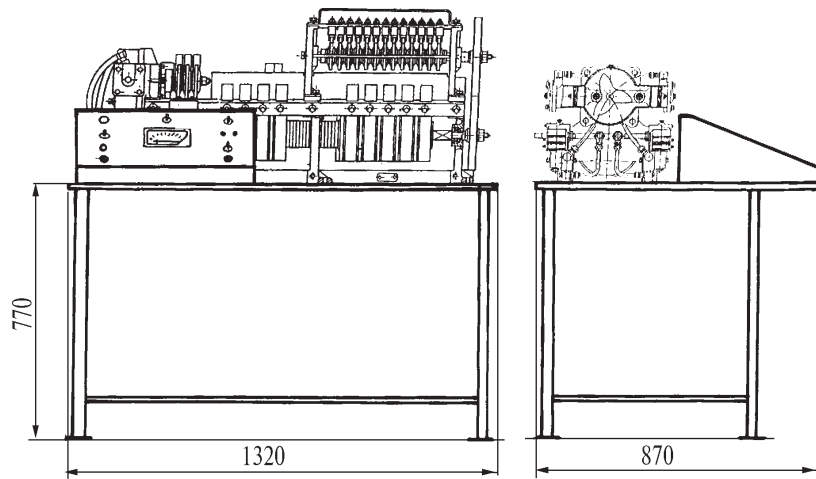


Рис. 4.3

- электросекундомер для проверки времени хода с 1- до 20-й позиции вала силового контроллера;
- сигнальная лампа ЛС2 напряжением 50 В для проверки включенного положения силовых контакторов;
- кнопка Кн1 «Проверка ГК»;
- выключатель «В2» – управления работой ГК I и ГК II.

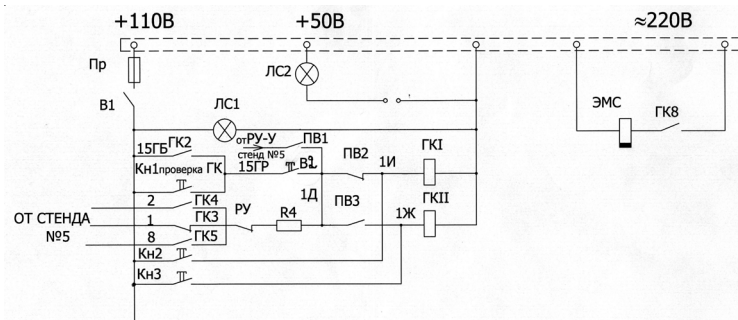


Рис. 4.4

Для исследования системы автоматического управления групповым контактором установка электрически соединена с лабораторным стендом № 5.

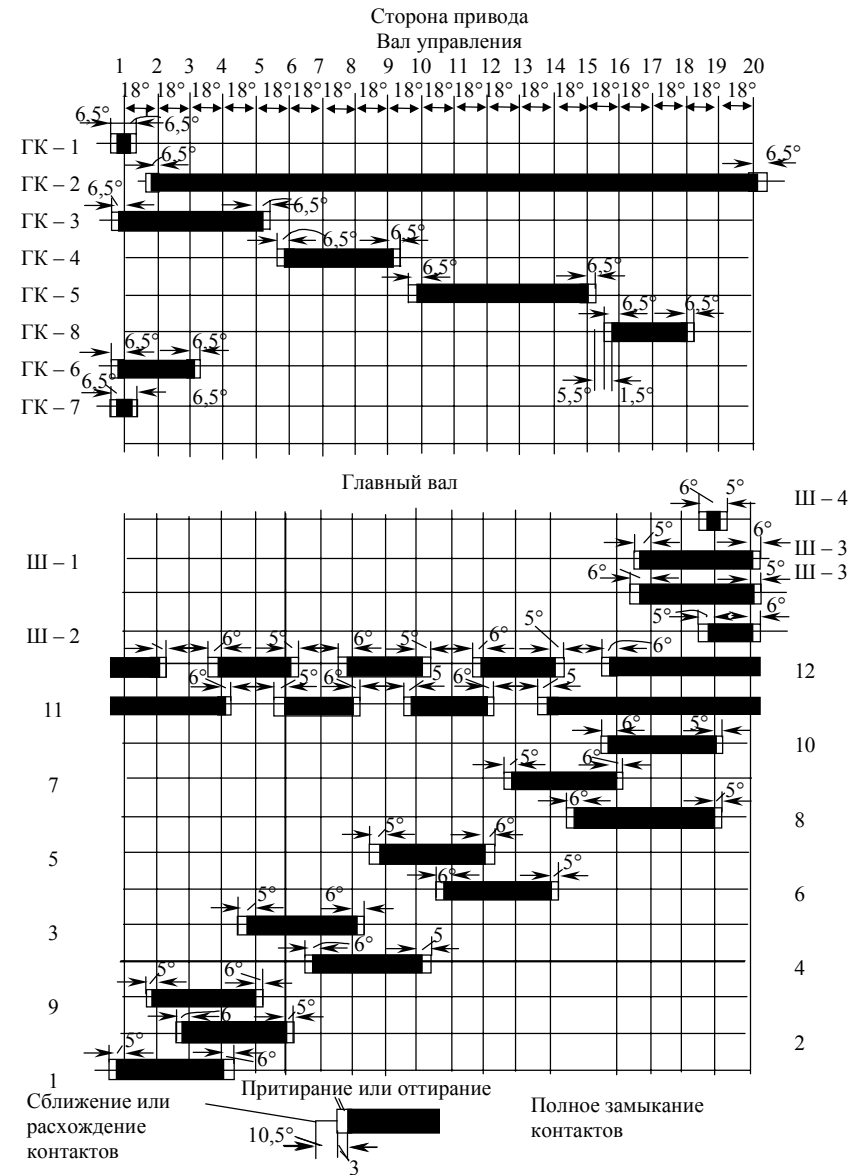


Рис. 4.5

Порядок выполнения лабораторной работы

В комплект лабораторного оборудования входят также ручной динамометр для определения нажатия силовых контактов, щуп для проверки растворов силовых контакторов и контактов цепи управления; лимб с указателем позиций. На корпус привода установлен фигурный кронштейн, к которому с помощью регулировочного болта крепится лимб с указателем позиций. На указатель позиций нанесена угловая шкала для проверки правильности включения контакторов силового контроллера.

Диаграмма включения силовых контакторов, контакторов управления представлена на рис. 4.5, а переключателей вентиляций силового контроллера на рис. 4.6.

На диаграмме включения контакторов переключателя вентиляций показаны моменты сближения (расхождения) контактов, притирание (оттирание) и полного замыкания контактов.

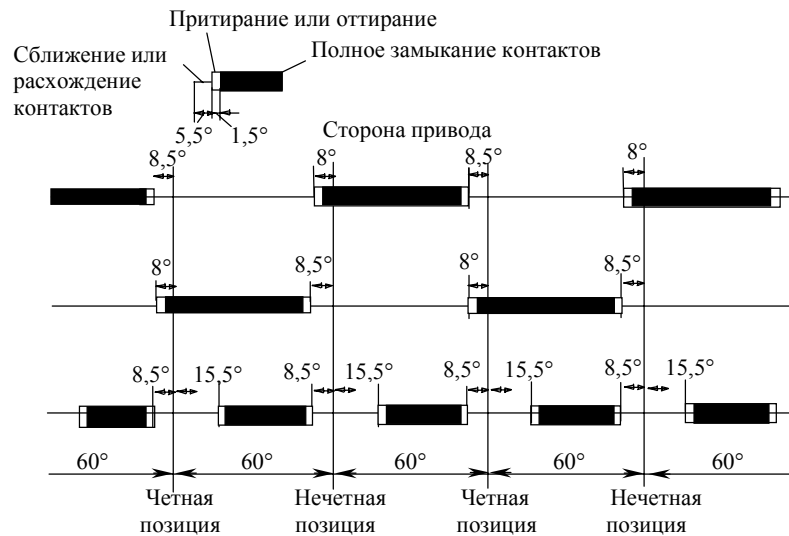


Рис. 4.6

1. Ознакомится с конструкцией лабораторной установки и электрической схемы управления.

2. Изучить конструкцию группового контактора (силового контроллера), принцип работы пневматического привода.

3. Включить тумблер В1 подачи напряжения 110В, при этом загорается сигнальная лампа ЛС1.

4. Подключить напряжение 220В для работы электромиллисекундомера ПВ- 53щ.

5. Включить тумблер В2 и после нажатия кнопки «Проверка ГК» с помощью электромиллисекундомера проверить время свободного вращения кулачкового вала от первой до двадцатой позиции при давлении воздуха 5 и 3,5 кгс/см².

Результаты измерений занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Давление воздуха в магистрали, кгс/см ²	Время вращения кулачкового вала, с
5	
3,5	

* Это время должно быть 7–8 с при давлении воздуха 5 кгс/см² и около 10 с при давлении 3,5 кгс/см².

6. Отключить на пульте управления тумблер В2. Управление пневматическим приводом осуществлять поочередным нажатием кнопок Кн2 и Кн3. Составить таблицу замыкания контакторов, контролируя положение главного вала силового контроллера с помощью указателя позиций.

Полученные результаты занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Позиции ГК	Контакты силовые															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ш 1	Ш 2	Ш 3	Ш 4
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

Сравнить диаграмму замыкания контакторов с паспортными данными.

7. Замерить шаблоном величину раствора силовых контакторов типов КР-6А и КР-8А, который должен быть в пределах 8–12 мм и контакторов цепей управления КР-3А, который должен быть в пределах 4–8 мм.

8. С помощью динамометра проверить величину усилия нажатия контактов при включенном положении силовых контакторов КР-6А и КР-8А.

Усилие нажатия должно быть:

- начальное 2,5–3 кгс;
- конечное 5–5,5 кгс.

9. С помощью лимба и угловой шкалы снять диаграмму включения одного из силовых контакторов (по заданию преподавателя) и контактора цепи управления.

Сравнить ее с установленной нормативно-технической документацией. При этом главный вал вращать с помощью специального приспособления при отсутствии сжатого воздуха в пневматическом приводе силового контроллера.

Замкнутое положение контактов контролировать по загоранию лампы ЛС-2 на пульте управления.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется вращение главного вала силового контроллера?
2. Каким образом включаются и выключаются силовые контакторные элементы?
3. Как регулируется время свободного вращения кулачкового вала?
4. К чему может привести нарушение диаграммы включения и выключения силовых контакторов и контактов цепи управления?

Литература

1. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. — М.: Транспорт, 1980.
2. Электропоезда переменного тока/ М.М. Авдеев, В.А. Гут, В.И. Томчук, В.А. Хряев — М.: Транспорт, 1985.
3. Системы управления электроподвижным составом. Руководство к выполнению лабораторных работ для студентов 5 курса специальности «Электроподвижной состав». — М.: ВЗИИТ, 1982.

поезда под контролем реле ускорения (РУ). Реле имеет две катушки — силовую РУ — включенную в цепь ТЭД и подъемную РУ-У (управления). Через силовую катушку проходит ток тяговых двигателей. Величина тока РУ, при которой якорь реле ускорения отпадает, называют током уставки. По мере разгона поезда ток двигателей уменьшается и, когда он снизится до тока уставки, якорь реле ускорения отпадает, замыкая контакт РУ в проводах 1Б-1Д (рис. 5.2) и питание подается на катушку одного из вентилях силового контроллера ГК I или ГК II. При этом начинается цикл переключения силового контроллера на следующую позицию. В процессе поворота вала привода Решетова и главного вала замыкается силовой контакт ГК, который подключает часть витков обмотки низшего напряжения тягового трансформатора.

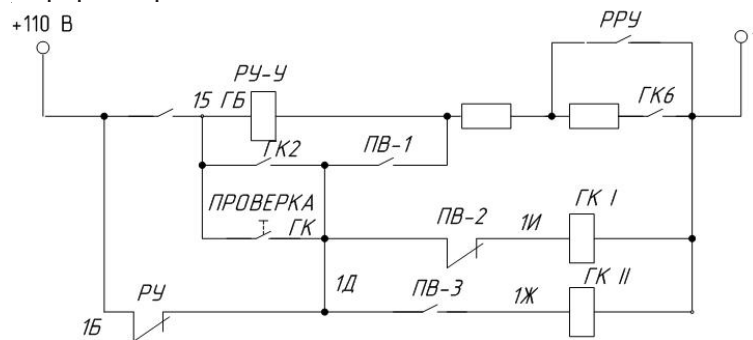


Рис. 5.2

Увеличение выпрямленного напряжения на зажимах ТЭД приводит к скачкообразному увеличению тока уставки РУ. Якорь реле ускорения притягивается, блокировка РУ размыкает цепь питания катушек ГК I или ГК II. Происходит задержка переключения ГК до тех пор пока ток двигателей опять не снизится до тока уставки РУ. В результате реализуется пусковая диаграмма, вид которой показан на рис. 5.3. После каждого переключения ГК 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 ГК повторяются до тех пор,

пока не будет включена полностью обмотка низшего напряжения трансформатора.

Назначение катушки управления реле ускорения РУ-У связана 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 произойдет при токе двигателей, превышающем ток уставки в 1,3 раза. Как видно на рис. 5.3, бросок тока при переключении ГК не достигает этого значения и только за счет тока силовой катушки РУ якорь притягивается не может.

Принудительное притяжение якоря РУ осуществляется за счет катушек управления РУ-У, цепь которой замыкается контактом ПВ-1. Этот контакт кратковременно замыкается в процессе поворота вала ГК при каждом переключении с позиции на позицию (см. рис. 5.1). При замыкании ПВ-1 намагничивающие силы РУ-У и РУ складываются и якорь притягивается. При размыкании ПВ-1 якорь остается притянутым, так как к этому моменту уже замкнулся силовой контакт ГК и ток двигателей превысил ток уставки РУ. Если же при замыкании сило-

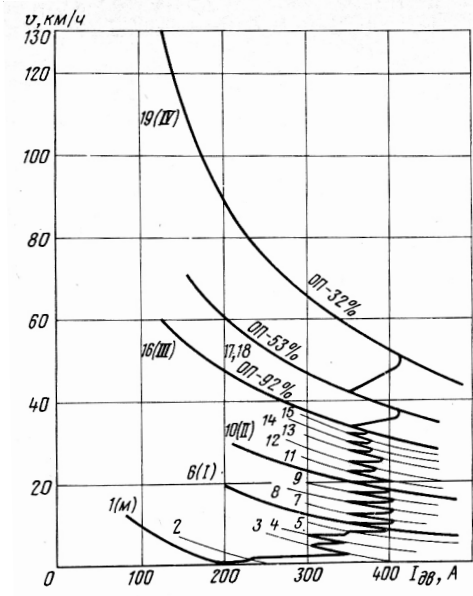


Рис. 5.3

вого контакта бросок тока не достигает тока уставки (см. переход с первой на вторую позицию на рис. 5.3), то после размыкания ПВ-1 якорь РУ отпадает, контакт РУ замыкается и после замыкания контакта ПВ-2 или ПВ-3 начинается новый цикл переключения ГК на следующую позицию. Такое переключение ГК называется хронометрическим.

Описание лабораторной установки

Установка (рис. 5.4) состоит из лабораторного стола, на котором расположены контроллер машиниста КМР-1А электропоезда ЭР9М, двигательная установка, реле ускорения, тахометр, кнопки управления. Электрическая схема установки представлена на рис. 5.5.

Вал двигателя Д клиноременной передачей соединен с осью колесной пары. Тормозной момент создается моментом инерции колесной пары.

После переключения ГК с позиции на позицию увеличивается ток двигателя Д и зависящий от него вращающий момент $M_d = C_m \Phi_N I_d$. Вращающий момент становится больше тормоз-

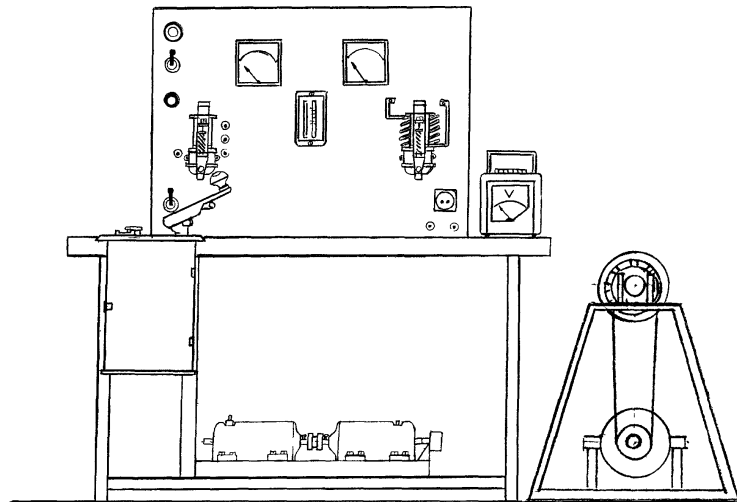


Рис. 5.4

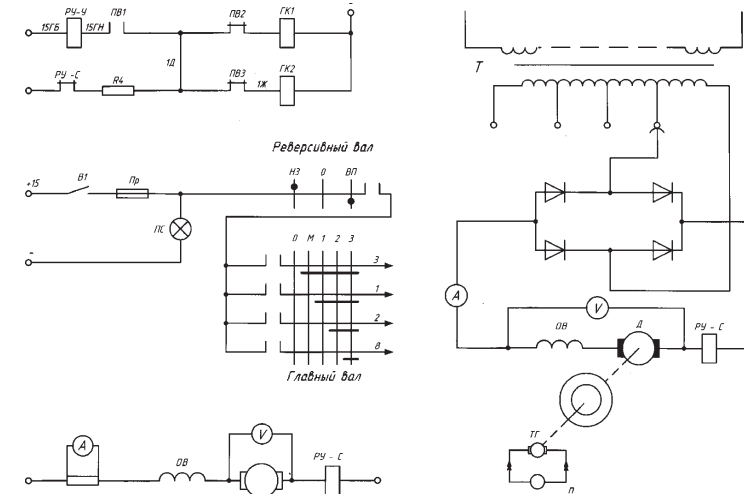


Рис. 5.5

ного и частота вращения валов Д и колесной пары увеличивается. По мере роста частоты вращающий момент Д падает, а тормозной момент увеличивается. При равенстве моментов рост частоты вращения и снижения тока двигателя прекращается. Так как момент сопротивления колесной пары остался неизменным, равновесие моментов наступит при токе двигателя, большем чем ток уставки РУ, и произойдет задержка ГК на позиции. Переход на следующую позицию произойдет при снижении тока двигателя до тока уставки РУ.

Измерение частоты вращения производится с помощью тахогенератора с постоянными магнитами. ЭДС тахогенератора пропорциональна частоте вращения его вала. Измеряется прибором тахометром.

В установке использован групповой контактор ГК лабораторного стенда № 4. Силовая катушка реле ускорения включена последовательно в цепь двигательной установки. Катушка РУ перемотана таким образом, чтобы обеспечивалось ее включение при небольших токах маломощного двигателя Д.

Роль силового трансформатора выполняет трансформатор лабораторной установки № 3, который подключается с помо-

стью универсального переключателя РУМ. Он имеет 4 секции вторичной обмотки и подключается к расщепленным плечам выпрямительного моста с помощью контактов ГК.

Цепи управления получают питание при установке рукоятки контроллера машиниста КМ в одно из рабочих положений (М-1-2). В схеме управления имеется также цепь возврата ГК на первую позицию, в которую входит размыкающая блокировка ГК 2, замкнутая на всех позициях кроме первой. Возврат ГК на первую позицию происходит при установке рукоятки КМ из ходового положения в «О». При этом начинается его хронометрическое переключение до размыкания блокировки ГК2 на первой позиции.

Порядок выполнения работы

1. Включить тумблер В1, при этом на пульте управления загорается сигнальная лампочка ЛС1.
2. Установить РУМ лабораторной установки в положение «вкл».
3. Включить на пульте управления тумблер В2, при этом подается напряжение 220 В на силовой трансформатор (стенд № 3) и загорается сигнальная зеленая лампочка «вв».
4. Установить рукоятку контроллера машиниста в положение М, затем 1. Убедиться, что на начальных позициях силовой контроллер переключается хронометрически и затем происходит задержка на позиции.
5. Проследить в дальнейшем, что ГК переключается на следующую позицию при снижении тока двигателя ниже тока установки. Убедиться, что все переключения ГК после задержки на позиции происходят при одинаковых токах двигателя.
6. Установить рукоятку контроллера машиниста в положение «0». После окончания возврата ГК на первую позицию включить тумблер «Отказ РУ-У».
7. Установить рукоятку контроллера машиниста в положение 1 и, повторяя операции пп. 5,6, проследить за изменением процесса разгона при отказе РУ- У. Объяснить, почему несмот-

ря на то, что ток двигателя превысил ток уставки РУ переключения ГК с позиции на позицию происходит хронометрически.

8. Установить рукоятку КМ в положение «0» и после возврата ГК на первую позицию установить органы управления установки в исходное положение.

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 и каково их назначение?
4. Как работает схема управления приводом?
5. К чему может привести обрыв силовой катушки РУ?

Литература

2. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. — М.: Транспорт, 1980.
3. Электropоезда переменного тока/ М.М. Авдеев, В.А. Гут, В.И. Томчук, В.А. Хряев — М.: Транспорт, 1985.

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ**

Руководство к выполнению лабораторных работ

Редактор *Д.Н. Тихонычев*
Корректор *В.В. Игнатова*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

Тип. зак.	Изд. зак. 373	Тираж 250 экз.
Подписано в печать 02.09.05	Гарнитура NewtonC	Офсет
Усл. печ. л. 3,5		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

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

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