

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

14/16/11

**Одобрено кафедрой
«Нетяговый подвижной состав»**

**СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
И РЕМОНТА ВАГОНОВ**

**Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов VI курса
специальности
190302 ВАГОНЫ (В)**

РОАТ

Москва – 2009

Составитель – канд. техн. наук, доц. В.Е. Новиков

Рецензент – канд. техн. наук, доц. Б.В. Смагин

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом предусмотрено выполнение студентами VI курса при изучении дисциплины «Системы автоматизации производства и ремонта вагонов», лабораторных работ в объеме 16 ч.

Работы проводятся в период установочной сессии и являются одним из этапов практической проверки усвоения студентами теоретических знаний, приобретенных при изучении основ дисциплины на лекциях и самостоятельно. Кроме того практическая работа с конкретными схемами и установками, подвергаемыми испытаниям, создает определенную базу для лучшего усвоения теоретического курса и последующей работы над курсовыми и дипломным проектами.

Лабораторные работы конкретно знакомят студентов:

- с отдельными элементами автоматики, их назначением, конструкцией, характеристиками, схемами включения и областями применения;
- с последовательностью изучения и анализа производственных процессов, намеченных для автоматизации;
- с порядком разработки и анализа принципиальных схем автоматического управления производственными процессами и конструктивных схем автоматов и их действующих моделей;
- с методикой анализа и оценки качества работы систем автоматического управления (САУ).

В тексте указаний содержится минимум теоретических сведений, необходимых для выполнения каждой работы.

Необходимо помнить, что неправильное обращение с используемыми источниками питания (напряжение до 380 В), оборудованием, подвергаемым испытаниям и схемами может привести к поражению электрическим током. Поэтому, перед началом работ студенты должны в первую очередь пройти инструктаж по правилам работы с лабораторным оборудованием, ознакомиться с правилами поведения в лаборатории и методами безопасности, соблюдение которых является обязательным.

После этого можно приступить к лабораторным работам, программа выполнения каждой из которых предусматривает:

- 1) ознакомление с конструкцией и схемами лабораторной установки, а также с теоретическими основами и методикой проведения работы;
- 2) монтаж испытательной схемы и производство экспериментов;
- 3) фиксацию и обработку полученных результатов;
- 4) оформление отчета по каждой работе;
- 5) сдачу зачета.

Помните! Приступать к монтажу испытательной схемы, подавать к ней напряжение и проводить испытания можно только с разрешения преподавателя.

Отчет по каждой работе должен содержать: электрическую и кинематическую схемы объекта испытаний; таблицы с результатами замеров и расчетов, сами расчеты; графическое изображение зависимостей, снятых при испытаниях; выводы по работе, а также ответы на вопросы, поставленные в конце каждой работы. Отчеты по всем работам следует свести в отдельную тетрадь, на обложке которой указываются исходные данные исполнителя (Ф.И.О., учебный шифр, УКП).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ

1. *Цель работы* – снять и проанализировать динамические характеристики объекта регулирования и определить его основные параметры.

2. *Объект исследований* – лабораторная электрическая печь.

3. *Краткие теоретические сведения и описание экспериментальной установки.*

Объект регулирования (ОР) или **объект управления (ОУ)** – одна из частей, входящих в состав системы автоматического регулирования (САР).

Объектом регулирования (управления) может быть отдельная машина, их совокупность, технологический процесс или целое производство.

Среди параметров, характеризующих свойства любого объекта регулирования и подлежащих анализу в настоящей работе, следует выделить: времена запаздывания и разгона, а также постоянную времени

Наглядно связь между этими параметрами может быть установлена после анализа кривой разгона, общий вид которой приведен на рисунке 1.1.

Применительно к рассматриваемому объекту основным возмущающим фактором (параметром), влияющим на режим его работы, следует считать напряжение $U_{\text{п}}$ питания, подводимое к нагревательным элемен-

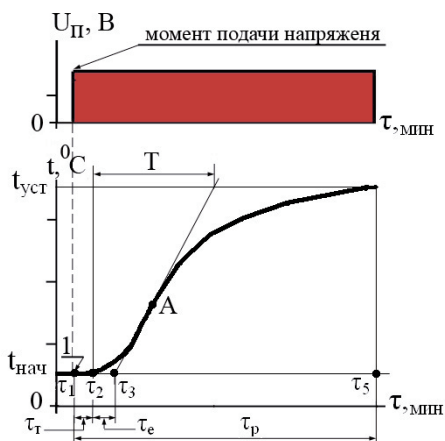


Рисунок 1.1 – Характер изменения температуры $t, ^\circ\text{C}$ в печи после включения питающего напряжения

там печи, а регулируемой величиной (параметром) температуры — $t^{\circ}\text{C}$ внутри печи.

Время полного запаздывания $\tau_{\text{п}} = \tau_{\text{т}} + \tau_{\text{е}}$ складывается из времени чистого (транспортного) запаздывания — $\tau_{\text{т}}$ и времени емкостного (инерционного) запаздывания — $\tau_{\text{е}}$.

Транспортное запаздывание — это время от момента τ_1 начала регулирующего (или возмущающего) воздействия до момента τ_2 начала изменения регулируемой величины (см. рисунок 1.1).

Емкостное запаздывание зависит от термических свойств объекта. В рассматриваемом случае его значение можно найти, проведя касательную через точку А (точка перегиба кривой изменения температуры t , после которой снижается скорость ее нарастания). Касательная пересечется в точке τ_3 с горизонтальной линией, соответствующей начальной температуре $t_{\text{нач}}$ в печи.

Отрезок между точками τ_3 и τ_2 (с учетом масштаба времени) и будет характеризовать время емкостного запаздывания $\tau_{\text{е}}$.

Время разгона объекта $\tau_{\text{р}}$ — это время (см. рисунок 1.1), измеряемое от момента τ_1 (начало возмущающего воздействия) до момента τ_5 , при котором регулируемая величина практически достигнет установившегося значения, отличаясь от него на $1 \div 5\%$. Время разгона характеризует инерционность объекта.

Постоянная времени объекта T позволяет судить о продолжительности его самовыравнивания. Под самовыравниванием понимают способность объекта без помощи регулятора переходить (при наличии возмущения) в новый установившийся режим работы. Объекты, обладающие самовыравниванием, называют статическими. Постоянная времени может быть найдена на основании кривой разгона (см. рисунок 1.1). Для этого достаточно умножить на масштаб времени отрезок, отсекаемый касательной, проведенной через точку А, и вертикалью, восстановленной из точки τ_2 , от горизонтальной линии, проведенной через значение, соответствующее установившейся температуре $t_{\text{уст}}$ объекта.

Величина T позволяет судить о времени самовыравнивания. Через время, равное $3 \div 4T$, процесс самовыравнивания практически заканчивается.

В схеме лабораторной установки, приведенной на рисунке 1.2, нагревательные элементы R_H печи 2 получают питание от лабораторного автотрансформатора (ЛАТР). Это позволяет менять уровень питающего напряжения $U_{п}$. Температура контролируется с помощью ртутного термометра 1. С помощью переключателя S к нагревательным элементам печи может быть подано напряжение 220 или 127 В.

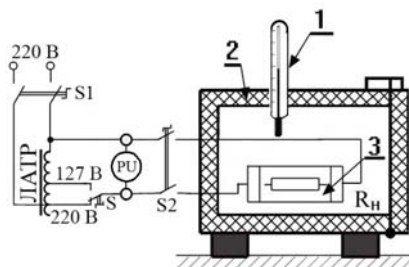


Рисунок 1.2 – Схема установки для оценки динамических свойств объекта регулирования
1 – термометр; 2 – печь; 3 – нагревательный элемент печи

4. Содержание эксперимента

4.1. Снять кривую разгона объекта (изменение температуры в печи во времени после включения нагрева).

4.2. Графическим путем определить основные параметры, характеризующие свойства объекта.

5. Порядок проведения работы

5.1. Собрать схему, изображенную на рисунке 1.2.

Электроизмерительный прибор ПУ, обозначенный на схеме, служит для замера величины питающего напряжения $U_{п}$, В.

5.2. Замерить начальную температуру $t_{нач}$ в печи и результат записать в таблице 1.1, приводимую ниже

Таблица 1.1

$U_{п}$, В	220(127)	220(127)				
t , °С	$t_{нач}$	$t_{нач}$				
τ , МИН	$\tau_{нач} = \tau_1$	τ_2				

Количество столбцов в таблице определяется числом замеров.

5.3. При отключенном тумблере $S2$ включить тумблер $S1$ и с помощью переключателя S установить напряжение питания $U_{п} = 220$ В или 127 В (по указанию преподавателя). В дальнейшем заданное напряжение поддерживается неизменным в те-

чение всего эксперимента. Результаты также записываются в таблицу 1.

5.4. Включить тумблер S2, подав напряжение к нагревателям печи и зафиксировав время $\tau_{\text{нач}}$ начала эксперимента, приняв эту точку за начало отсчета.

5.5. Зафиксировать время τ_2 , начиная с которого температура в печи начнет повышаться.

5.6. Через равные промежутки времени фиксировать показания термометра и время замера, сводя данные в таблицу 1.1. Следить за показаниями вольтметра. Опыт вести до тех пор, пока температура в камере не достигнет установившегося значения.

5.7. Отключить тумблером S1 питание.

5.8. Построить кривые разгона, определив с их помощью такие свойства объекта, как: полное запаздывание $\tau_{\text{п}}$, постоянную времени T, время разгона $\tau_{\text{р}}$.

5.6. Оформить отчет, сделав заключение о свойствах объекта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

1. *Цель работы* – определить экспериментально и сопоставить статические характеристики параметрических датчиков активного сопротивления, контролируемых линейные перемещения и температуру.

2. *Объекты исследования*: однотактный (неревверсивный) и двухтактный (реверсивный) потенциометрические датчики, полупроводниковые терморезисторы (термистор и позистор) и температурный датчик, выполненный на основе медного провода.

3. *Краткие теоретические сведения и описание экспериментальной установки*.

Датчики – «органы чувств» автоматов и роботов. С их помощью система управления контролирует физические параметры, характеризующие состояние объекта регулирования, реагирует на их изменения и формирует необходимые сигналы для управления объектом.

Датчики активного сопротивления – контактные, реостатные, потенциометрические, терморезисторы, тензодатчики – используются в схемах управления и регулирования для контроля величин: перемещения и деформации, уровня жидкости, давлений жидкости и газа и температуры.

В лабораторной работе в первую очередь эксперименты проводятся с потенциометрическими датчиками, используемыми для контроля параметров различной физической природы.

Конструктивно эти датчики выполнены в виде равномерно намотанных на изоляционный каркас витков проволоки, изготовленной из материала с высоким удельным сопротивлением ρ и малым температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) α численно равным изменению сопротивления

$$\alpha = \frac{(R_t - R_0)}{R_0 \cdot t} = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot t} \quad (2.1)$$

$\Delta R = (R_t - R_0)$ проводника при нагревании на 1°C , деленному на первоначальное сопротивление R_0 . Датчик снабжен подвижным контактом, который может перемещаться, реагируя на изменения контролируемого или регулируемого параметра.

Для обмоток потенциометрических датчиков используют такие материалы, как константан ($\rho = 0,44 \dots 0,52 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$), нихром ($\rho = 1,0 \dots 1,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, $\alpha = 2 \cdot 10^{-4} \text{ град}^{-1}$) и др.

Схемы включения потенциометрических датчиков при испытаниях приведены на рисунке 2.1.

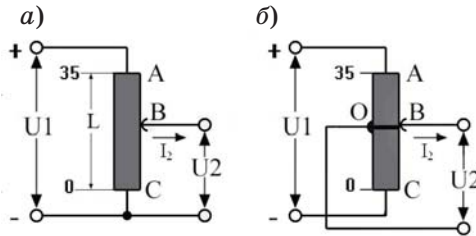


Рисунок 2.1 – Схемы включения параметрических датчиков при испытаниях

Датчик, включенный по схеме делителя напряжения (см. рисунок 2.1, а), применяется значительно чаще. При общем неизменном количестве витков датчика W_{AC} (между точками А и С) его выходное напряжение (при отсутствии нагрузки на выходе $I_2 = 0$) будет зависеть от количества витков W_{BC} , включенных между общим концом С датчика и движком В. Это напряжение определяется как

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{W_{BC}}{W_{AC}}, \quad (2.2)$$

где U_1 и U_2 – входное и выходное напряжения датчика, В.

При равномерном расположении витков и неизменном по всей длине сечении проволоки справедливо равенство

$$\frac{W_{BC}}{W_{AC}} = \frac{R_{BC}}{R_{AC}} = \frac{L_{BC}}{L_{AC}},$$

где R и L – сопротивление и длина соответствующих участков датчика.

Чтобы исключить влияние на выходное напряжение датчика уровня питающего (входного) напряжения, последнее должно оставаться неизменным. Это достигается стабилизацией входного напряжения датчика ($U_1 = \text{Const}$).

При перемещении движка B количество витков в участке $B-C$ меняется на целое число, кратное одному витку. В результате зависимость выходного напряжения от положения движка $U_2 = f(L_{BC})$ будет носить ступенчатый характер, который при большом количестве витков датчика практически незаметен. Рассмотренный датчик называют **однотактным**, так как при перемещении ползунка полярность выходного напряжения остается неизменной.

Если от средней части (точка O) обмотки датчика (см. рисунок 2.1, б) сделать отвод и использовать его для снятия выходного напряжения, то датчик превращается в двухтактный. Теперь полярность выходного напряжения будет меняться при перемещении движка. Величина напряжения у этого датчика определяется количеством витков W_{OB} , заключенных между точками O и B .

Если выходной параметр (напряжение U_2) у рассматриваемых потенциометрических датчиков меняется при линейном перемещении движка, влияющем на сопротивление обмоток (BC или OB), то сопротивление термодатчиков зависит от температуры.

У полупроводниковых терморезисторов эта зависимость нелинейна. В качестве термодатчиков можно использовать и обычные металлы, удельное сопротивление которых линейно зависит от температуры и в общем случае может быть найдено из уравнения

$$\rho_t = \rho_{20} [1 + \alpha(t - 20)], \quad (2.3)$$

где ρ_t и ρ_{20} – удельное сопротивление материала, соответственно, при температурах t и $+20^\circ\text{C}$, $\text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$;
 α – ТКС, $1/\text{град}$.

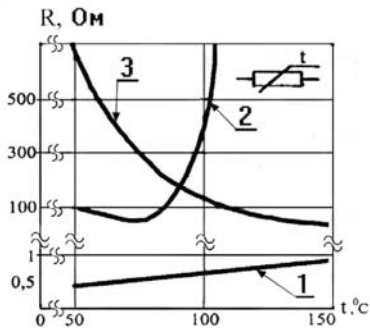


Рисунок 2.2 – Статические характеристики термодатчиков и их условное графическое изображение

- 1 – для медного провода;
- 2 – для позистора;
- 3 – для термистора

Для испытаний предлагаются два полупроводниковых термодатчика (термистор и позистор) и датчик, выполненный из медного провода ($\rho_{20}=0,0175\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, $\alpha=0,0039\text{ 1/град}$). Общий вид статических характеристик этих датчиков показан на рисунке 2.2.

Абсолютные значения сопротивлений и величины температурных изменений рассматриваемых датчиков заметно различаются. Если

сопротивление датчика, выполненного из медного провода (см. зависимость 1 на рисунке 2.2), не превышает один Ом в рассматриваемом диапазоне температур ($50\div 150\text{ °C}$), то сопротивление позистора (см. там же зависимость 2) меняется от ≈ 100 до $1000\div 1500\text{ Ом}$. Более широкие пределы изменения у сопротивления термистора, лежащие в диапазоне от десятков Ом до нескольких кОм.

Испытания термодатчиков проводятся при прогревании их в лабораторной электропечи (см. рисунки 1.2 и 7.2), температура в которой с помощью специального регулятора может поддерживаться на заданном уровне.

4. Содержание эксперимента

4.1. Снятие статических характеристик потенциметрических датчиков.

4.2. Снятие статических характеристик терморезисторных датчиков.

5. Порядок проведения работы при исследовании потенциметрических датчиков

5.1. Собрать схему, изображенную на рисунке 2.1, а. Для замера напряжений U_1 и U_2 , указанных на рисунке, используются вольтметры

- PU_1 для замера входного напряжения U_1 датчика, В;
- PU_2 для замера выходного напряжения U_2 датчика, В.

Положение движка В, снабженного указательной стрелкой (на рисунке не показана), относительно точки С (L_{BC}) определяется с помощью линейки, укрепленной на корпусе реостата, используемого в качестве датчика.

5.2. Подать фиксированное значение входного напряжения $U_1 = \text{Const}$. Величина этого напряжения устанавливается на уровне $10 \div 15$ В.

5.3. Перемещая движок В во всем диапазоне от С до А, замерить при нескольких его фиксированных положениях (5...6 точек) расстояния L_{BC} и соответствующие им значения выходного напряжения U_2 . Результаты свести в таблицу 2.1, приведенную ниже.

Таблица 2.1

Входное напряжение $U_1 = 10 \div 15$ В (поддерживается неизменным при эксперименте)					
L_{BC} , см					
U_2 , В					

5.4. Собрать схему, изображенную на рисунке 2.1, б, используя измерительные приборы по назначению, оговоренному в п. 5.1.

5.5. Провести весь объем операций, описанных в пп. 5.2. и 5.3. При изменении полярности выходного сигнала переключить выводы вольтметра PU_2 и записать его показания с противоположным знаком. Данные свести в таблицу аналогичную таблице 2.1.

5.6. По полученным результатам построить зависимость $U_2 = f(L_{BC})$ для каждого из датчиков и сравнить их.

6. *Порядок проведения работы при исследовании терморезисторов*

6.1. С помощью моста сопротивлений замерить сопротивление каждого из испытуемых терморезисторов при комнатной температуре.

6.2. Поместить датчики в печь.

6.3. Установить регулятор печи на наименьшую температуру нагрева и включить печь.

6.4. Как только температура в печи достигнет установившегося значения, измерить сопротивление (R_M — медного, R_P — позисторного, R_T — термистора) каждого датчика. Результаты замеров температуры и сопротивления свести в таблицу 2.2, приведенную ниже.

Таблица 2.2

$t, ^\circ\text{C}$						
$R_M, \text{ Ом}$						
$R_P, \text{ Ом}$						
$R_T, \text{ Ом}$						

6.5. Установить регулятор на более высокую температуру и после достижения температурой установившегося значения, выполнить работы, оговоренные в п. 6.4.

6.6. Менять положение регулятора температуры (5÷6 раз), выполняя каждый раз объем работ, предусмотренных п.6.4.

6.7. По полученным результатам построить статические характеристики $R=f(t)$ термодатчиков, предложив область применения для каждого из них.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

1. *Цель работы* – изучить конструкцию, исследовать основные свойства и освоить порядок настройки программноносителя.

2. *Объект исследования* – командоаппарат электропневматический типа КЭП-12у.

3 *Краткие теоретические сведения и описание экспериментальной установки.*

Командоаппарат является одним из основных элементов централизованной системы управления. Вырабатываемые им команды, воздействуя на исполнительные механизмы, обеспечивают установленную последовательность операций по заданному временно-му графику. В вагоноремонтном производстве командоаппараты применяются для автоматического управления работой поточно-конвейерных линий по ремонту вагонов и их отдельных элементов (тележек, автосцепок и пр.). Техническое состояние и качество настройки этого прибора определяет не только надежность линии, но и безопасность труда обслуживающего персонала.

Изучаемую конструкцию командоаппарата можно применять и в пневматических, и электрических схемах управления. Упрощенные изображения конструкций самого аппарата и одного из основных его узлов – храпового расцепляющего механизма показаны на рисунке 3.1, а, б.

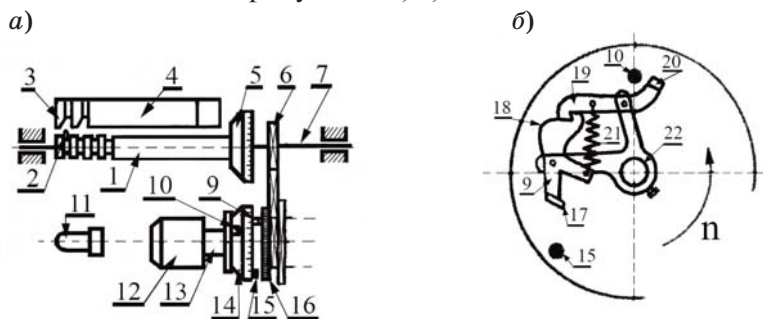


Рисунок 3.1 – Конструкция командоаппарата электропневматического КЭП-12у

При изучении этих конструкций по приводимому ниже описанию рекомендуем обращаться к натурным образцам аппарата, установленным на стендах. Это позволит лучше понять взаимодействие всех его составных частей, схематически изображенных на приводимом рисунке.

Командоаппарат (см. рисунок 3.1, *a*) включает в себя кулачковый барабан 1, в двадцати четырех Т-образных пазах которого закрепляют кулачки 2. При вращении барабана кулачки воздействуют на защелки 3, расположенные на контактной панели 4. Воздействие одного из кулачков каждой пары обеспечивает замыкание контакта, другого – размыкание. Контакты используют для коммутации электрических цепей. Жестко связанный с кулачковым барабаном колокол 5 имеет деление от 0 до 100 и предназначен для настройки моментов срабатывания электрических контактов, общее количество которых равно двенадцати. При настройке колокол с барабаном вращают вручную. Кулачки после выбора требуемого положения закрепляют в пазах с помощью специальных винтов.

Зубчатое колесо 6, находящееся на одном валу 7 с кулачковым барабаном, вводится в зацепление с одним из четырех зубчатых колес (на рисунке показано только одно из них) редуктора 8. Для этого предусмотрена возможность перемещения колеса 6 вдоль вала 7. В результате частота вращения кулачкового барабана может меняться. Зубчатое колесо редуктора приводится во вращение собачкой 9 через храповое колесо 16. Собачка является одним из важнейших элементов храпового расцепляющего механизма, смонтированного на валу 13 электродвигателя 12 внутри настроечного колокола 14.

Периодичность вращения храпового колеса, колес редуктора и распределительного вала обеспечивается взаимодействием элементов храпового расцепляющего механизма с регулируемым 10 и неподвижным 15 упорами. Настроечный колокол 14 с нанесенными по его внешней поверхности делениями от 0 до 100 служит для изменения общего цикла работы командоаппарата. Светящееся состояние сигнальной лампы 11 указывает на то, что напряжение питания к электродвигателю командоаппарата подано. Кроме названных элементов в КЭП предусмотрен электромагнит, обеспечивающий возможность автоматического повторения цикла

работы. Электромагнит и двигатель аппарата рассчитаны на питание переменным током напряжением 127 В.

Храповой механизм (см. рисунок 3.1, б) командоаппарата включает неподвижный упор 15; собачку 9, имеющую Г-образный конец 17 и выпуклую поверхность 18; защелку 19 с Г-образным хвостовиком 20; пружину 21, которая обеспечивает зацепление собачки с храповым колесом; регулируемый упор 10, положение которого определяет цикл работы КЭП и устанавливается настроечным колоколом. Все детали храпового механизма смонтированы на поводке 22, жестко закрепленном на валу электродвигателя, и находятся внутри настроечного колокола 14 (см. рисунок 3.1, а).

Неподвижный упор 15 представляет собой стержень, закрепленный на станине прибора. Взаимодействием выпуклой поверхности 18 собачки 9 с неподвижным упором 15 обеспечивается вынужденное зацепление собачки с защелкой 19. При наличии такого зацепления Г-образный конец 17 собачки отходит от храпового колеса, вызывая остановку кулачного барабана, при продолжающемся вращении вала двигателя с поводком 22 и связанными с ним деталями храпового механизма.

На рисунке 3.1, б зафиксирован момент, когда защелка 19 и собачка 9 находятся в зацеплении, а Г-образный конец собачки вышел из зацепления с храповым колесом. При дальнейшем вращении поводка, собачки и защелки против часовой стрелки Г-образный хвостовик 20 защелки 19 заденет за регулируемый упор 10 и защелка отойдет от собачки. Последняя под действием пружины 21 прижмется к храповому колесу и будет вращать его вместе с кулачковым валом до тех пор, пока выпуклая поверхность 18 собачки не заденет за неподвижный упор 15. После расцепления собачка отойдет от храпового колеса и войдет в зацепление с защелкой, продолжая вращаться вместе с ней против часовой стрелки до нового взаимодействия хвостовика защелки с регулируемым упором.

Регулируемый упор 10 закреплен на настроечном колоколе, поворотом которого можно изменить положение этого упора относительно неподвижного упора 15. В результате меняется время полного оборота кулачкового вала, или, что то же самое,

время одного цикла работы командоаппарата, необходимое для выполнения технологического процесса.

С учетом возможного изменения положения скользящей шестерни 6 относительно одной из четырех шестерен 8 редуктора общее время цикла можно регулировать от 30 с до нескольких часов. Это наглядно демонстрируется данными таблицы 3.1. Положение (I—IV) скользящей шестерни отсчитывается от двигателя 12 (см. рисунок 3.1).

При настройке общего цикла колокол, расположенный на скобе редуктора, устанавливается на деление, указанное в первой графе таблицы, а скользящая шестерня распределительного вала ставится в одной из четырех положений соответственно графе таблицы, содержащей выбранное значение цикла.

Настройка времени срабатывания отдельных операций (или набор программы) производится с помощью кулачков, расположенных на кулачковом барабане, и колокола, размещенного на распределительном валу.

Таблица 3.1. Общий цикл работы КЭП

Деление шкалы настроечного колокола	Положение скользящей шестерни, считая от двигателя							
	I		II		III		IV	
	мин	с	мин	с	мин	с	мин	с
12	-	30	3	07	19	29	121	37
24	-	35	3	36	22	34	140	53
36	-	41	4	17	26	47	167	14
48	-	50	5	16	32	59	206	-
60	1	6	6	51	42	53	268	-
72	1	34	9	47	61	15	382	-
78	2	0	11	25	71	28	446	-
82	2	26	15	13	95	17	595	-
4	-	-	2	51	17	51	111	27
10	-	-	3	03	19	03	118	57
22	-	34	3	31	21	59	137	15
32	-	39	4	02	25	4	157	29
40	-	44	4	34	28	36	178	28
56	-	60	6	14	38	59	243	-
46	-	49	6	04	31	46	198	-
60	1	17	8	03	50	27	315	-
64	1	13	7	37	47	39	297	-
76	1	50	11	25	71	28	446	-

Полный оборот шкалы этого колокола соответствует времени цикла. Для установки времени выполнения прибором какой-либо операции надо рассчитать, на каком делении шкалы должна быть произведена требуемая операция, и установить шкалу колокола на распределительном валу так, чтобы это деление находилось против стрелки. После этого установить кулачок, находящийся против того контакта, который предназначен для производства данной операции до упора в защелку путевого выключателя. Для передвижения кулачка по пазу кулачкового барабана следует ослабить фиксирующую его гайку на 2-3 оборота.

Требуемое деление на колоколе для каждой операции находится по формуле

$$A_i = \frac{100 \times t_i}{T},$$

где A_i – цена деления колокола для i -й операций;

T – общий цикл работы командоаппарата;

t_i – время начала или конца i -й операции.

Работа проводится (по указанию преподавателя) на одном из двух стендов, где установлены командоаппараты. Один из них может управлять переключением сигнальных ламп в заданной последовательности или обеспечивать сложное движение (реверсирование с промежуточными установками) макета транспортной тележки. Этот аппарат предназначен для коммутации только электрических цепей и работает в полуавтоматическом режиме (настроен на один цикл).

Второй аппарат управляет пневмоцепями, обеспечивая заданный режим работы пневмоцилиндра. Схема настроена на работу в автоматическом режиме, осуществляя многократное повторение задаваемой последовательности операций.

Наладка командоаппарата осуществляется по программе, задаваемой преподавателем.

4. Содержание эксперимента

4.1. Изучение конструкции и освоение наладки командоаппарата.

4.2. Проверка работы командоаппарата, настроенного на заданную программу.

5. *Порядок проведения работы*

5.1. На натурном образце ознакомиться с конструкцией командоаппарата. Проанализировать его работу, предполагая наличие в механизме следующих дефектов:

- проскальзывание поводка храпового механизма на валу электродвигателя;
- сломан Г-образный конец собачки;
- изношена выпуклая часть собачки;
- сломан Г-образный хвостовик защелки;
- изогнут или сломан один из упоров;
- сломан размыкающий кулачок.

5.2. Пользуясь методикой, изложенной в разделе 3, провести необходимые расчеты и настроить командоаппарат на заданную программу работы.

5.3. Включить командоаппарат и, пользуясь секундомером, проверить продолжительность протекания каждой операции, выполняемой по его командам, а также порядок выполнения команд.

5.4. Результаты эксперимента изобразить в виде временного графика.

5.5. Сравнить полученные результаты с заданием, использованным при наладке командоаппарата.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

1. *Цель работы* – освоить практические приемы анализа, сборки, наладки и экспериментальной проверки электрических схем, реализующих различные принципы автоматического управления.

2. *Объекты испытания* – схемы управления, обеспечивающие перемещение макета транспортной тележки по заданным программам в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

3. *Краткие теоретические сведения и описание экспериментальной установки.*

В вагоноремонтном производстве на выполнение вспомогательных операций (очистка, мойка, транспортировка и пр.) уходит заметная доля штучного времени из общего баланса, затрачиваемого на производство работ при ремонте деталей и узлов подвижного состава. Поэтому среди операций технологического цикла, подлежащих первоочередной автоматизации, находится транспортировка.

Конкретное усвоение принципов автоматического управления ведется в лабораторных работах на основе практического построения и испытания схем, обеспечивающих работу транспортной тележки. С помощью элементов, смонтированных на специальном стенде-тренажере, могут быть собраны схемы, реализующие управление в функции времени (централизованная система), в функции пути (децентрализованная система) и одновременное управление в функции пути и времени (смешанная система). Кроме того, стенд позволяет изучить устройство и принцип действия таких элементов автоматики, как: магнитные пускатели (КМ), промежуточные реле (К), реле времени (КТ), конечные выключатели (SQ). Аппараты, установленные на

стенде, рассчитаны на работу от сети с напряжением 220 В промышленной частоты 50 Гц.

Объектом регулирования в исследуемой лабораторной установке служит конденсаторный электродвигатель М (тип СД-2), который через систему тросов обеспечивает перемещение транспортной тележки 1 по рельсовой колее 2 (см. рисунок 4.1).

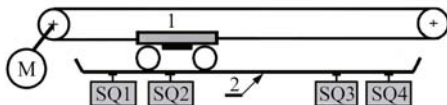


Рисунок 4.1 – Исследуемый макет транспортной тележки и расположение датчиков, контролирующих ее перемещение

Перемещение ограничивается путевыми выключателями SQ1÷SQ4. Два крайних выключателя (SQ1 и SQ4) и исключают возможность ухода тележки за пределы рельсовой колеи, осуществляя аварийное отключение схемы управления. Два других (SQ2 и SQ3) – служат для остановки тележки в заданных точках пути, обеспечивая рабочую коммутацию цепей управления. Схема соединения и питания обмоток 1, 2 и 3, 4 двигателя М показана на рисунке 4.2.

Напряжение питания (127 В) к его обмоткам подается от отдельной отпайки автотрансформатора Т через замыкающие контакты 1К и 2К реле К. Контакты 2К1 (размыкающие) и 1К1 (замыкающие) служат для переключения конденсатора С из одной фазы двигателя в другую, чем обеспечивается изменение направления вращения его вала, а следовательно, и изменение направления движения тележки.

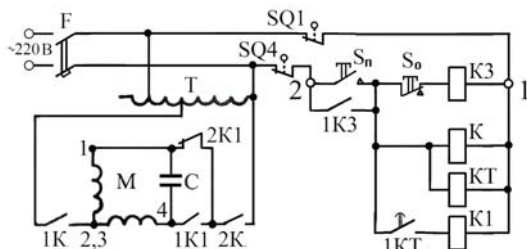


Рисунок 4.2 – Схемы включения обмоток реверсируемого двигателя М макета и автоматического управления его перемещением

На стенде установлены кнопки (S_{Π}) и (S_O). Замыкающие контакты S_{Π} служат для включения схемы и запуска приводного двигателя тележки, размыкающие S_O – для ее остановки.

Выводы от всех элементов, установленных на стенде, сосредоточены на специальных наборных платах и имеют соответствующие номерные обозначения. Для расшифровки этих обозначений и указания их принадлежности к тому или иному элементу служит специальная монтажная схема, с которой студенты знакомятся непосредственно в лаборатории. С помощью элементов, размещенных на стенде, студентам предлагается собрать и исследовать работу одной из схем автоматического управления (САУ), реализующей определенную последовательность операций. Задание для работы дает преподаватель, исходя из следующих вариантов:

Вариант 1 – собирается САУ, реализующая смешанный принцип управления. После включения схемы нажатием кнопки S_{Π} тележка перемещается между заданными точками, останавливаясь в одной из них на заданный интервал времени. Выключается схема (останавливается движение тележки) вручную нажатием кнопки S_O .

Вариант 2 – собирается САУ, реализующая тот же принцип управления, что в первом варианте, но с остановками в каждой из конечных точек маршрута на заданные интервалы времени. Выключается схема (останавливается движение тележки) вручную.

Вариант 3 – собирается САУ, реализующая тот же принцип работы, что в варианте 1, но работающая в полуавтоматическом режиме.

Вариант 4 – собирается САУ, реализующая принцип управления в функции пути. После запуска схемы тележка совершает многократные перемещения между двумя точками. Остановка движения осуществляется вручную.

Схемы управления, с помощью которых реализуются указанные варианты, помещены на рисунке 4.3.

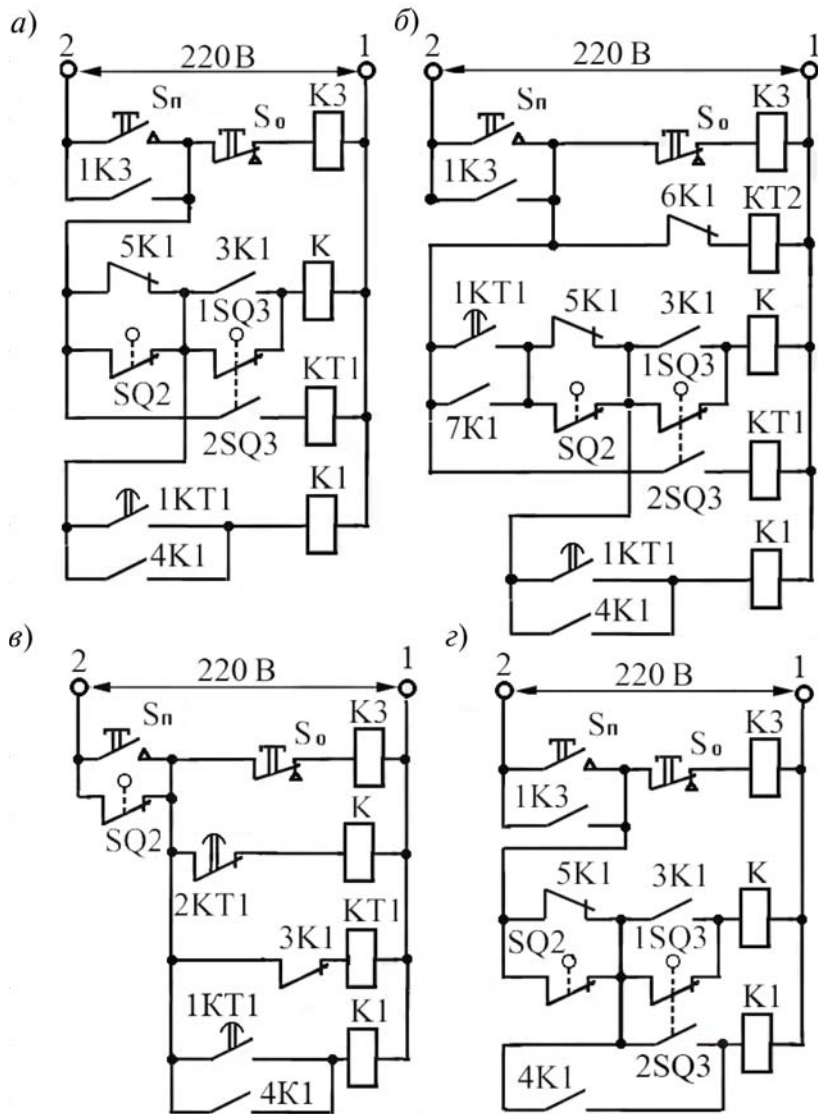


Рисунок 4.3 – Варианты схем управления движением макета транспортной тележки

4. Содержание эксперимента

4.1. Собрать и испытать один из вариантов схемы управления (по заданию преподавателя).

4.2. Проверить поведение схемы после аварийной остановки и последующего запуска.

5. Порядок проведения работы

5.1. В соответствии с заданным преподавателем вариантом выбрать, зарисовать и собрать схему управления работой электродвигателя, обеспечивающую необходимый алгоритм движения тележки.

5.2. После проверки преподавателем запустить схему и оценить соответствие ее реальной работы заданному алгоритму.

5.3. Осуществить повторный запуск схемы и ее аварийное отключение. Проанализировать поведение схемы после повторного запуска.

5.4. В отчете о работе описать последовательность срабатывания элементов и их взаимосвязь при работе исследуемых схем управления.

Задание и вопросы к лабораторной работе

1. Нарисовать схему управления, обеспечивающую заданный преподавателем алгоритм поведения тележки, применительно к асинхронному электроприводу.

2. Во всех ли предложенных для анализа схемах управления кнопка S_{Π} выполнит свое назначение – «остановка движения и выключение схемы»?

3. Влияет ли начальное положение тележки (в одной из крайних точек или между ними) на характер ее поведения после нажатия пусковой кнопки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

ИСПЫТАНИЕ МАКЕТА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ПО ОБМЫВКЕ ДЕТАЛЕЙ ВАГОНОВ

1. *Цель работы* – на основе испытаний действующего макета изучить конкретные кинематические и электрические схемы, позволяющие реализовать практическую задачу автоматизации процесса обмывки ходовых частей в условиях вагоноремонтного производства.

2. *Объект испытаний* – макет установки для обмывки тележек и колесных пар.

3. *Краткие теоретические сведения и описание макета.* Поступающие в ремонт узлы и отдельные детали вагонов должны быть очищены от грязи, ржавчины, остатков смазки. Для этой цели в вагоноремонтном производстве используются специальные моечные машины, размеры которых определяются размерами обмываемых изделий. Чтобы облегчить труд обслуживающего персонала и повысить производительность труда при выполнении однородных операций, все работы при обмывке механизуют и автоматизируют.

Визуальном макете однокамерной моечной машины применена смешанная система автоматического управления (управление ведется в функции пути и времени). Управляющими элементами в подобных системах на производстве являются путевые датчики (концевые выключатели), реле времени, командоаппараты.

Перед испытанием системы управления студенты должны ознакомиться с конструкцией макета, схемой управления и реализуемыми с их помощью алгоритмами управления и функционирования.

Алгоритм управления – это совокупность правил, определяющих характер внешних организованных воздействий на объект управления, благодаря чему он выполняет заданный алгоритм функционирования.

Алгоритм функционирования – это совокупность правил, предписаний или математических зависимостей, в соответ-

ствии с которыми изменяются параметры, характеризующие рабочие процессы объекта управления.

В работе исследуется поведение макета моечной машины, схема включения исполнительных элементов (электродвигателей) которой приведена на рисунке 5.1.

Алгоритм управления макетом определяет последовательность включения его электродвигателей, к которым относят-

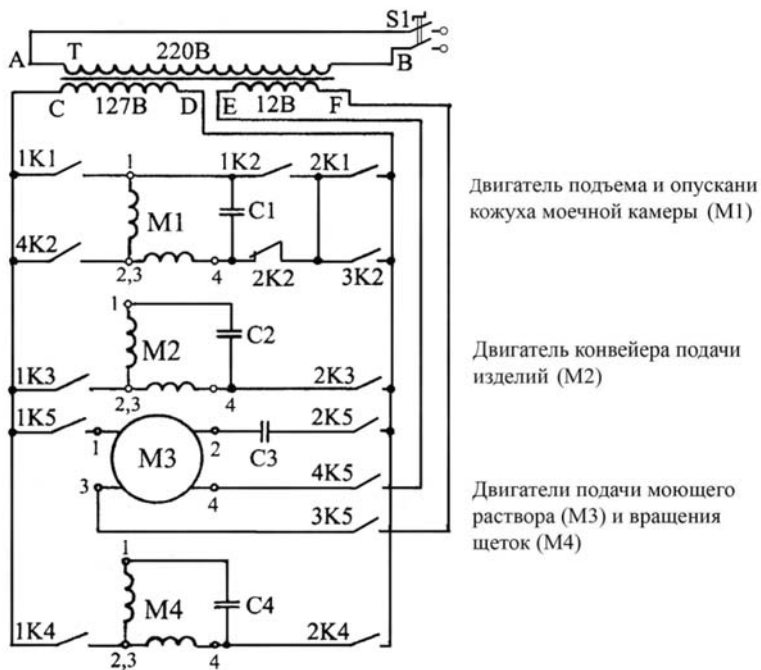


Рисунок 5.1 – Схема включения электродвигателей макета моечной машины

ся реверсируемый электродвигатель M1 – подъема и опускания кожуха моечной камеры; нереверсируемые электродвигатели: M2 – привода конвейера и M3 – привода вращения колесной пары, M4 – привода насоса, подающего моющий раствор.

Схема управления работой стенда и сигнализации показана на рисунке 5.2.

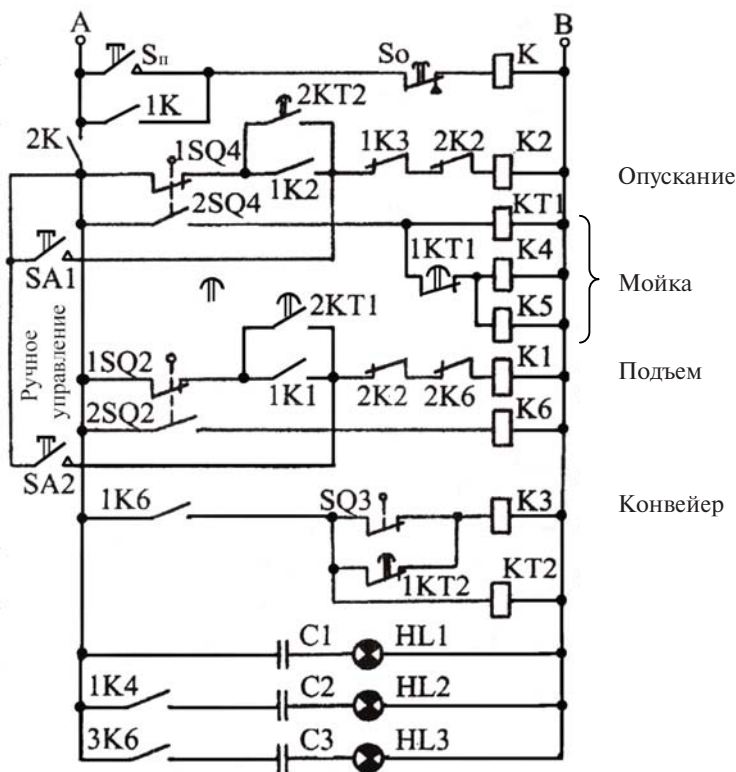


Рисунок 5.2 – Схема управления, обеспечивающая ручной и автоматический режимы управления работой макета моечной машины

Студентам предлагается, пользуясь натурным образцом, самим разобраться в работе схемы управления, воспользовавшись материалами методических указаний к дипломному и курсовому проектированию, где приведены описания работы подобных схем.

Для успешного анализа работы схем, приведенных на рисунках 5.1 и 5.2 необходимо пояснить, что на стенде установлены три конечных выключателя. **Выключатели SQ2 и SQ4 (см. рисунок 5.2) контролируют, соответственно, верхнее и нижнее положение крышки моечной камеры. Выключатель SQ3 обеспечивает контроль за перемещением конвейера.**

В схеме управления предусмотрены два дополнительных тумблера SA1 и SA2, помогающих вывести крышку моечной камеры в одно из крайних положений (верхнее или нижнее). Запуск всей схемы в автоматическом режиме возможен лишь при начальном нахождении крышки моечной камеры в одном из крайних положений. Эту и все остальные особенности работы схем (силовой и управления) студентам необходимо уяснить на основе их теоретического анализа и практических наблюдений за работой макета установки.

4. Содержание эксперимента:

4.1. Определить последовательность протекания операций и замерить время, затрачиваемое на весь цикл работы линии и на каждую операцию в отдельности.

4.2. Оценить степень соответствия алгоритма, реализуемого макетным образцом, алгоритму, заложенному в схеме управления.

5. Порядок проведения работы:

5.1. Ознакомиться с конструкцией стенда и проанализировать работу его схем (силовой и управления).

5.2. Подать питание к силовой схеме, включив тумблер S1 (см. рисунок 5.1).

5.3. Включить стенд в работу, нажав пусковую кнопку Sп (см. рисунок 5.2).

5.4. Замерить полное время цикла (от момента нажатия кнопки до опускания кожуха камеры после обмывки последней тележки).

5.5. Зафиксировать время на производство каждой отдельной операции.

5.6. По полученным результатам составить временную диаграмму работы стенда и рассчитать его производительность.

5.7. Выявить недостатки предложенной схемы управления и дать предположения об их устранении.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ВОЗДУШНОЙ МАГИСТРАЛИ

1. *Цель работы* – изучить конструкцию и принцип действия электроконтактного манометра, проанализировать и испытать САР, выполненные на его основе.

2. *Объект испытаний* – компрессорная установка, работающая под контролем электроконтактного манометра типа ЭКМ-1у.

3. *Краткие теоретические сведения и описание экспериментальной установки.*

В международной системе единиц давление измеряется в ньютонах на квадратный метр (Н/м^2). Этой единице на XIV Генеральной конференции по мерам и весам присвоено наименование «Паскаль» (Па). В технике в качестве единицы измерения давления применяется, кроме того, техническая атмосфера, равная 1 кгс/см^2 . Соотношение между этими единицами $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

К приборам, контролирующим давление воздуха, относится электроконтактный манометр типа ЭКМ-1у. Этот прибор как элемент (конструктивно обособленная часть) системы регулирования состоит из следующих основных частей: измерительной, сравнивающей и исполнительной.

Измерительной частью прибора является одновитковая трубчатая пружина (трубка Бурдона) с эллиптической формой поперечного сечения. Одним концом пружина впаяна в держатель, оканчивающийся ниппелем, через который к трубке подводится воздух, давление которого контролируется. Другой конец трубки запаян и соединен через передаточный механизм со стрелкой *a* (рисунок 6.1, *a*), перемещающейся вдоль измерительной шкалы. Трубчатая пружина и передаточный механизм на рисунке не показаны.

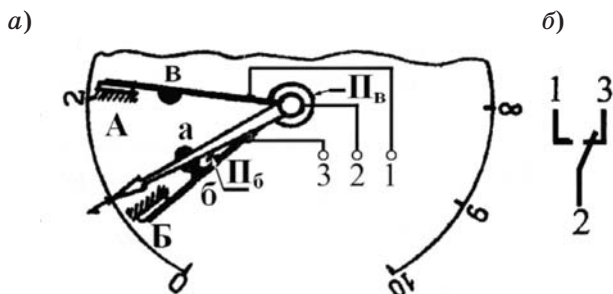


Рисунок 6.1 – Конструкция (а) и схема соединения (б) контактов электроконтактного манометра ЭКМ-1у

Сравнивающая часть содержит два упора А и Б, положение которых по отношению к неподвижной шкале можно менять. Упоры служат для ограничения перемещения дополнительных контактов, соответственно, *в* и *б*. Эти контакты вместе с контактами, закрепленными на стрелке, образуют исполнительную часть прибора.

При увеличении давления воздуха в контролируемом объеме трубчатая пружина деформируется, вызывая перемещение стрелки *а* вдоль шкалы. Чем выше давление, тем больше деформация пружины и угол поворота стрелки.

Вместе со стрелкой, благодаря пружине Пб, перемещается контакт *б*, оставаясь замкнутым с контактом *а*. Размыкание этих контактов наступает, как только контакт *б* встретит упор Б.

При дальнейшем перемещении стрелки наступает момент, когда замыкаются контакты *а* и *в*. После этого, в случае повышения давления, оба эти контакта, оставаясь замкнутыми, перемещаются вместе. При снижении давления контакт *в*, благодаря пружине Пб, следует за стрелкой *а*, пока не встретит упор А, после чего контакты *а* и *в* разомкнутся.

Все три контакта (*а*, *б*, *в*) электрически соединены с выводами 2, 3, 1, благодаря которым они могут включаться во внешние цепи. Графическое изображение контактов и схема их соединения показана на рисунке 6.1, б.

Манометр обеспечивает контроль и регулирование давления до 1 МПа ($\sim 10 \cdot 10^5$ Па). Контакты рассчитаны на работу в

цепях с напряжением 220 В переменного тока промышленной частоты 50 Гц.

В экспериментальной установке, пневматическая и электрические схемы которой приведены на рисунке 6.2, для создания необходимого давления используется компрессор 1 (см. рисунок 6.2, а) типа УК-1М, приводимый во вращение однофазным электродвигателем М (650 Вт). Сжатый воздух подается в баллон 2. Контроль за величиной давления обеспечивается электроконтактным манометром ИП, контакты которого 1ИП (размыкающий) и 2ИП (замыкающий) вводятся в схему управления. С помощью крана 3 обеспечивается регулирование расхода воздуха. Кроме того, от этой же сети можно обеспечить работу пневмоцилиндра, управляемого командоаппаратом КЭП – 12у.

Одна из исследуемых схем управления приводным двигателем М компрессора показана на рисунке 6.2, б. С помощью пусковой кнопки S_{Π} включается промежуточное реле К1, замыкающий контактов (1К1) которого обеспечивает самоподхват и подает питание к катушке контактора К, Замкнувшиеся

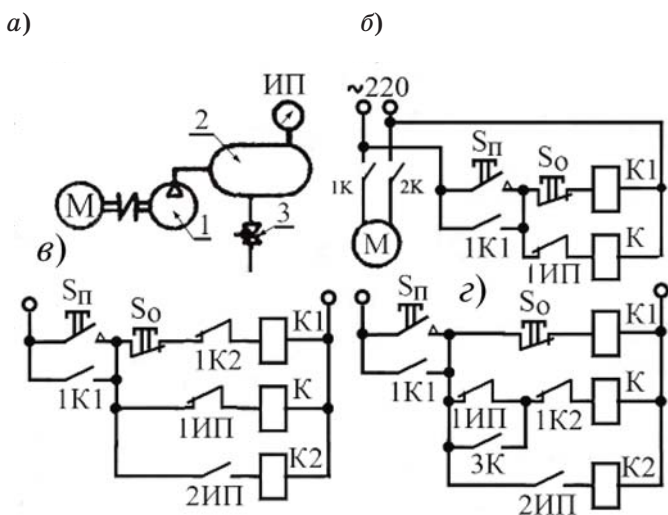


Рисунок 6.2 – Пневматическая (а) и электрические (б, в, г) схемы экспериментальной установки

при этом контакты 1К и 2К включают цепь питания электродвигателя М. Как только давление в баллоне 2 (см. рисунок 6.2, а) достигает заданного, разомкнется контакт ИП (см. рисунок 6.2, б), двигатель М отключится, так как потеряет питание катушка К контактора. Повторно автоматическое включение двигателя произойдет после снижения давления в баллоне 2, что приведет к замыканию контакта ИП. Таким образом обеспечивается поддержание заданного давления, величина которого устанавливается положением ограничивающего упора Б (см. рисунок 6.1, а) манометра. Отключение схемы производится нажатием кнопки S_0 , разрывающей цепь питания катушки промежуточного реле К1.

На рисунке 6.2, в, г приведены схемы управления, одна из которых так же, как и вышеописанная схема, регулирует давление по заданному значению, осуществляя одновременно аварийное отключение всей установки, если давление превысит наибольшее значение. Другая схема автоматически поддерживает давление в резервуаре в некотором диапазоне от P_{\min} до P_{\max} . Границы диапазона задаются соответствующей установкой перемещаемых упоров Б и А манометра. В работе каждой из этих схем студентам предлагается разобраться самостоятельно.

4. Содержание эксперимента.

4.1. Освоение методики настройки манометра ЭКМ-1у.

4.2. Определение периодичности включения компрессора при разных уровнях регулируемого давления и количества расходуемого воздуха для одной из собранных схем его автоматического управления.

5. Порядок проведения работы.

5.1. Собрать и зарисовать (по указанию преподавателя) одну из схем автоматического управления работой компрессора.

5.2. Установить манометр на заданное значение давления.

5.3. Включить схему в работу и при закрытом расходном кране 3 (см. рисунок 6.2, а) определить: давление P_1 , при котором отключается двигатель компрессора, и время, за которое давление возрастает от 0 до установленного значения.

5.4. Оценить темп спада давления в системе за счет имеющихся неплотностей в соединениях, замерив время, через которое произойдет повторное (автоматическое) включение компрессора, и давление P_2 в системе, соответствующее этому моменту.

5.5. Установить расходный кран в одно из имеющихся положений или подключить к пневмосети работающий под управлением КЭП-12у пневмоцилиндр. Повторить операции п.п. 5.3 и 5.4.

5.6. Построить зависимости $P=f(t)$ для каждого из экспериментальных режимов.

5.7. Оформить отчет по работе, сделав заключение по полученным результатам.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

1. *Цель работы* – изучить конструкцию и принцип действия термостата, собрать и испытать САР, выполненную на его основе.

2. *Объект испытаний* – термокамера, работающая под контролем термостата типа RT-14.

3. *Краткие теоретические сведения и описание экспериментальной установки.*

Для автоматического контроля и управления температурными режимами технологических процессов в качестве датчиков температуры применяются стеклянные ртутно-контактные термометры (РКТ), манометрические термометры типа ТПГ-СК и ЭКТ, термометры сопротивления, термопары, биметаллические реле типа ДТКМ, реле температуры (термостаты) RT и другие приборы.

Из всех названных аппаратов рассмотрим подробно конструкцию и принцип действия лишь термостатов типа RT, которые широко применяют в схемах автоматического регулирования температуры рефрижераторных вагонов. Термостаты, осуществляя контроль за температурой в грузовом помещении, способствуют ее поддержанию на заданном уровне.

Термостат RT-14 (рисунок 7.1), установленный на испытательном стенде, позволяет регулировать температуру в пределах от минус 5 до плюс 30°С.

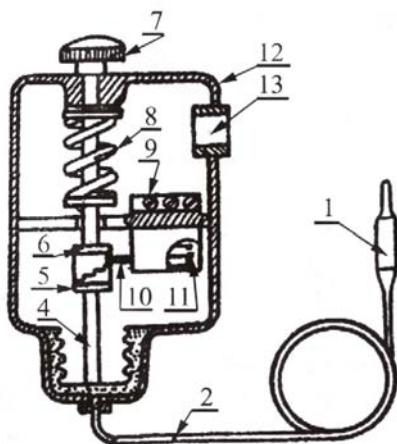


Рисунок 7.1 – Конструкция термостата типа RT

Чувствительным элементом прибора является термобаллон 1, соединенный капиллярной трубкой 2 с герметизированной камерой, внутренней стенкой которой является сильфон 3. В термобаллоне находится жидкость, кипящая при низкой температуре.

С увеличением температуры давление в термобаллоне повышается, вызывая сжатие стенок сильфона. Нижняя его часть вместе со штоком 4, гайкой 5 и муфтой 6, преодолевая натяжение пружины 8, перемещается вверх. При этом, благодаря воздействию гайки 5 на контактную планку 10, меняется состояние контактной группы 11. Снижение контролируемой температуры, а следовательно, и давления в термобаллоне вызывает растяжение сильфона под действием пружины 8 и перемещение вниз штока 4 вместе с гайкой 5 и муфтой 6. Теперь уже муфта 6, воздействуя на контактную планку, обеспечит возвращение контактов в первоначальное состояние.

Благодаря наличию зазора между муфтой 6, гайкой 5 и контактной планкой 10, у прибора есть температурная зона нечувствительности, называемая дифференциалом. Вращением гайки 5, меняющей этот зазор, можно регулировать дифференциал, т.е. менять разность температур, при которых происходит включение и отключение прибора.

С внешней схемой управления контакты 11 соединяются с помощью винтовых соединений 9 и проводов, которые вводятся в корпус 12 термостата через сальник 13.

Настройка прибора на требуемую температуру срабатывания производится изменением натяжения пружины 8 с помощью винта 7.

Исследование регулировочных свойств термостата и схем регулирования, выполненных на его основе, проводится на установке, схематически изображенной на рисунке 7.2.

Для нагрева воздуха в камере 1 до заданной температуры используется калорифер 2. В состав калорифера входят нагревательный элемент (ТЭН) R и двигатель M вентилятора. Напряжение питания U_n , подается к калориферу от внешней сети с напряжением U_c через схему управления СУ. Контроль

за температурой воздуха и автоматическое управление работой ТЭНа осуществляет термостат 3, контакты которого с помощью проводов 5 включены в схему управления. Термометр 4 служит для визуального контроля температуры. Сигнальная лампа И, получающая питание одновременно с ТЭНом, позволяет контролировать моменты его включения и отключения. Имитация внешних мешающих воздействий на систему регулирования осуществляется кратковременным открытием двери 6 камеры.

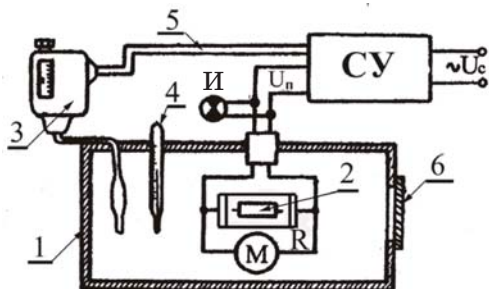


Рисунок 7.2 – Схема установки для испытаний САР, обеспечивающей

контролировать моменты его включения и отключения. Имитация внешних мешающих воздействий на систему регулирования осуществляется кратковременным открытием двери 6 камеры.

Отдельно схема управления нагревательными элементами термокамеры не показана. Однако студентам предлагается составить схему самостоятельно, пользуясь схемами (см. рис. 6.2) предыдущей работы.

4. Содержание эксперимента.

4.1. Освоение методики настройки термостата.

4.2. Сбор и испытание САР температурного режима в термокамере.

5. Порядок проведения работы.

5.1. Предложить и собрать схему автоматического регулирования температуры воздуха в термокамере.

5.2. Отрегулировать термостат так, чтобы обеспечивалось включение ТЭНа при наименьшей t_{\min} , а включение при наибольшей t_{\max} температуре. Значение этих температур задается преподавателем.

5.3. Замерить начальную температуру воздуха t_B в камере перед включением схемы.

5.4 Включить схему в работу и, следя за изменением температуры воздуха, зафиксировать момент отключения ТЭНа (погаснет лампа И). Сравнить полученное значение с установленной величиной t_{\max} .

5.5. Снизить температуру воздуха, открыв кратковременно двери камеры. Следя за показаниями термометра, определить момент повторного включения ТЭНа, когда $t_B = t_{\min}$.

5.6. Отключить электрическую схему. Установить новое значение дифференциала. Открыть камеру, проветрив ее. Повторить операции, оговоренные в пп.5.3 ... 5.5.

5.7. Оформить отчет по работе, дав заключение по полученным результатам и сравнив реально полученные значения срабатывания термостата с установленными в процессе его регулировки.

5.8. Оценить возможность работы термокамеры под контролем ртутного контактного термометра с использованием схем управления, помещенных на рисунке 6.2.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА ВАГОНОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Редактор Д. Н. Тихонычев

Корректор В. В. Игнатова

Компьютерная верстка Е. В. Ляшкевич

Переиздание

Тип. зак.	Изд. зак. 138	Тираж 700 экз.
Подписано в печать 03.02.09	Гарнитура NewtonС	
Усл. печ. л. 2,5		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