

Лабораторная работа № I

ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы — ознакомление с погрешностями и методами измерений. Современные достижения науки и техники тесно связаны с развитием методов и технических средств измерений. Роль измерительной техники в настоящее время возрастает в связи с широким внедрением автоматизации в производственные процессы, которое возможно только при наличии разнообразной информации о протекании процессов, получаемой с помощью контрольно-измерительных приборов.

Для эффективной эксплуатации контрольно-измерительных приборов, составляющих неотъемлемую часть любой современной технологической установки, каждый инженер должен знать и правильно применять основные метрологические понятия и определения, методы и схемы измерений.

Процесс измерения состоит в определении численного соотношения между измеряемой величиной и некоторым значением этой же величины, принятым за единицу. Технические средства, которыми пользуются при измерениях, называют измерительной аппаратурой. Она подразделяется на меры и измерительные приборы.

Мерой называют устройство, вещество или тело, определяющее единицу измерения, а также ее кратное или дробное значение. Меры могут представлять собой как простые устройства (линейки, гири, образцовые сопротивления), так и весьма сложные (нормальный элемент Вестона, камертонный генератор).

Комплект мер, соединенных конструктивно в единое устройство, называют магазином мер, с помощью которого можно получать различные значения меры (магазины сопротивлений, индуктивностей, емкостей).

Измерительным прибором называют устройство, посредством которого осуществляется сравнение измеряемой величины с единицей измерения.

Методы измерений

Погрешности измерения

Измерение физической величины может быть осуществлено различными методами, выбор которых в каждом случае зависит от характера измеряемой величины, от условий измерения и предъявляемых требований точности. Существующие методы измерения физических величин можно разделить на две большие группы: методы непосредственной оценки и методы сравнения или компенсационные (нулевые).

При методе непосредственной оценки измеряемая величина отсчитывается на измерительном приборе, преобразующем ее в наглядный, удобный для отсчета параметр (обычно механическое перемещение). Соотношение между значениями измеряемой величины и ее аналога — механического перемещения — задается предварительной градуировкой прибора по образцовым мерам или приборам.

Таким образом, процесс измерения происходит без прямого участия образцовой меры. Эти методы являются наиболее простыми и распространенными в технической практике. Однако точность измерения методом непосредственной оценки недостаточно высока, так как верхним пределом является точность прибора.

При методе сравнения или компенсационном методе воздействие измеряемой величины сопоставляется в измерительном устройстве с воздействием образцовой меры так, чтобы суммарный эффект их взаимодействия свелся к нулю (измеряемая величина компенсируется известной образцовой величиной).

Конструкция измерительных приборов, работающих по компенсационным методам, в общем сложнее устройства приборов непосредственной оценки, зато точность их измерений значительно выше. В основном точность измерения по методу сравнения определяется точностью изготовления образцовых мер и чувствительностью нулевых приборов, то есть тех приборов, которые служат для указания момента компенсации (когда разность между измеряемой величиной и мерой сводится к нулю).

К приборам, работающим по компенсационному методу, относятся рычажные равноплечные весы, лабораторные и автоматические потенциометры, уравновешенные мосты и другие приборы.

При всяком измерении неизбежно некоторое расхождение между измеренным $A_{\text{изм}}$ и действительным A значениями исследуемой величины. Это расхождение, выраженное в единицах измеряемой величины, называется абсолютной погрешностью измерения:

$\Delta A = A_{\text{изм}} - A$. Знание погрешности измерения или возможных пределов значения погрешности является необходимым условием, без которого измерение теряет всякий смысл и практическую ценность.

Сама по себе абсолютная погрешность не дает представления о точности измерения. Например, если известно только, что при измерении расстояния допущена погрешность в 5 см, мы не можем оценить, насколько точны эти измерения (одно дело, если измерялось расстояние в несколько метров, и совсем другое, если измеряемое расстояние было в сотни или тысячи километров). Поэтому практически большее значение имеет относительная погрешность. Она определяется как отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выраженное в процентах:

$$A_{\text{отн}} = \frac{A_{\text{изм}} - A}{A} \cdot 100 = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100.$$

Действительное значение A обычно неизвестно и вместе с тем в большинстве случаев оно близко к $A_{\text{изм}}$, поэтому относительная погрешность часто определяется как

$$A_{\text{отн}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{изм}}} \cdot 100.$$

Относительная погрешность характеризует точность измерения, для оценки же точности приборов служит приведенная относительная погрешность: это абсолютная погрешность прибора, отнесенная к диапазону шкалы прибора (выражается в процентах). Наибольшая приведенная относительная основная погрешность, допускаемая техническими

$$A_{\text{отн}} = \frac{A_{\text{изм}} - A}{A} \cdot 100 = \frac{0,5^\circ}{20^\circ} \cdot 100 = 2,5\%.$$

Так как термометр имеет двустороннюю шкалу, диапазон шкалы $N = A_{\text{конеч}} - A_{\text{нач}} = 60^\circ - (-40^\circ) = 100^\circ$. Значит, приведенная относительная погрешность δ будет-

условиями на данный прибор, характеризует класс точности прибора. Например, термометр со шкалой с -40° до $+60^\circ$ при действительной температуре $A = 20^\circ$ показывает $A_{\text{изм}} = 20,5^\circ$. Определим погрешность измерения и приведенную относительную погрешность термометра:

Если это наибольшее значение погрешности, допускаемое техническими условиями, то вычисленное значение приведенной относительной погрешности определяет класс точности этого термометра, т. е. класс точности термометра — 0,5. Наиболее распространенные технические измерительные приборы имеют классы точности: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5 и 2,5. Класс точности, как правило, указан на шкале прибора.

$$\delta = \frac{\Delta A}{N} \cdot 100 = \frac{0,5^\circ}{100^\circ} \cdot 100 = 0,5\%.$$

Таким образом, степень точности измерительного прибора характеризуется его классом точности, который свидетельствует, что максимальная приведенная относительная погрешность данного прибора может достигать значения его класса точности. Например, термометр со шкалой $0-200^\circ \text{C}$ класса 1,5 может иметь погрешность $\pm 3^\circ \text{C}$ (причем эта абсолютная погрешность одинакова для любого отклонения стрелки прибора в пределах рабочей части шкалы).

Необходимо уяснить, что класс точности определяет точность прибора, а не точность измерения. Например, измеряя температуру $A=10^\circ$ прибором класса 1 со шкалой $0-300^\circ$, можно получить $A_{\text{изм}} =$ от 7 до 13° , а измеряя ту же температуру прибором класса 1,5 со шкалой от 0 до 200° , получим результат $A_{\text{изм}} = 9,7 \div 10,3^\circ$, т. е. в первом случае точность измерения, характеризуемая, как известно, относительной погрешностью, будет

$$A_{\text{отн}} = \frac{\Delta A_1}{A} \cdot 100 = \frac{3}{10} \cdot 100 = 30\%.$$

а во втором —

$$A_{\text{отн}} = \frac{\Delta A_2}{A} \cdot 100 = \frac{0,3}{10} \cdot 100 = 3\%.$$

Связь между классом точности прибора и точностью измерения можно установить из следующих рассуждений. Умножим и разделим выражение, определяющее погрешность измерения, на диапазон шкалы прибора:

$$A_{\text{отн}} = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100 \cdot \frac{N}{N} = \frac{\Delta A}{A} \cdot \frac{N}{A} \cdot 100 = \delta \cdot \frac{N}{A} \cdot 100,$$

где δ — приведенная относительная погрешность или класс точности прибора; N — диапазон шкалы прибора.

Таким образом, погрешность измерения зависит от класса точности измерительного прибора и от отношения величины, на измерение которой рассчитан прибор (диапазон его шкалы), к действительному (измеренному) значению измеряемой величины. Поэтому необходимо выбирать прибор так, чтобы ожидаемые результаты измерения располагались в конце шкалы (в последней трети шкалы).

Кроме класса точности измерительные приборы имеют и другие характеристики, определяющие возможности их рационального использования. К таким характеристикам относятся: вариация показаний, чувствительность, быстродействие и другие.

Вариацией показаний измерительного прибора называют наибольшую разность показаний между несколькими повторными измерениями одной и той же величины. Вариация характеризует постоянство прибора (степень устойчивости его показаний при одинаковых условиях работы).

Одной из важнейших характеристик прибора, определяющих его пригодность для тех или иных целей, является чувствительность — отношение перемещения его указателя к изменению значения измеряемой величины, вызвавшему это перемещение:

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta A},$$

где S — чувствительность прибора;

Δn — угловое или линейное перемещение указателя;

ΔA — изменение величины, вызвавшей перемещение. Понятие *чувствительности* нельзя смешивать с понятием *порог чувствительности*, под которым подразумевают наименьшее значение измеряемой величины, способное вызвать заметное отклонение указателя прибора.

На практике чувствительность приборов часто определяют по цене деления шкалы. Ценой деления шкалы называют значение измеряемой величины, вызывающей отклонение указателя прибора на одно деление:

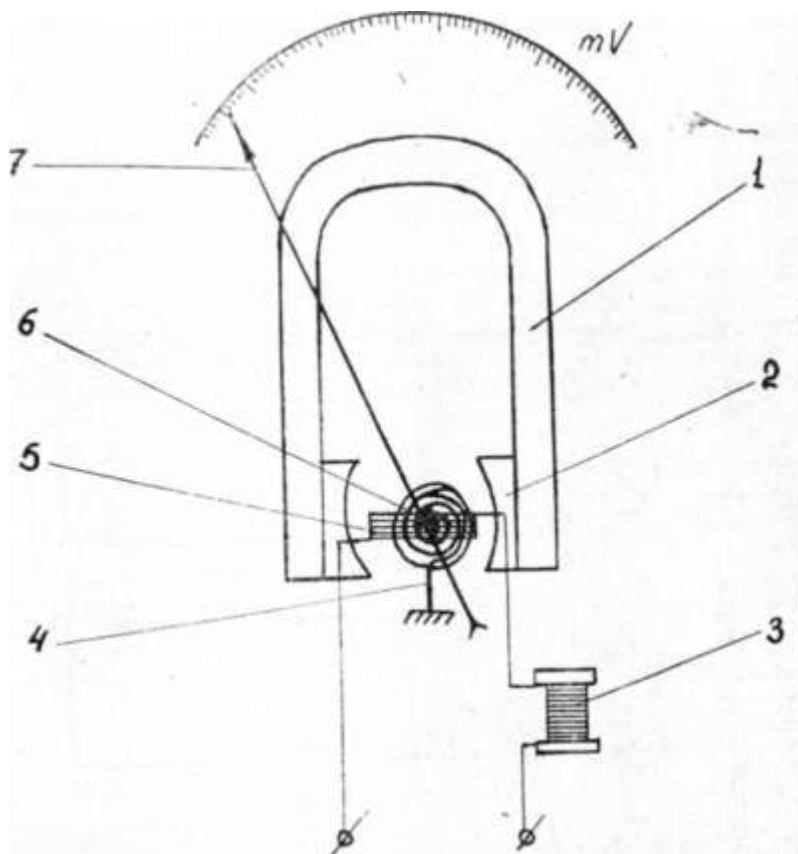


Рис. 1. Схема устройства милливольтметра

$$c = \frac{\Delta A}{\Delta n}$$

где c — цена деления шкалы;

ΔA — изменение измеряемой величины;

Δn — перемещение указателя в делениях шкалы.

Чувствительность и цена деления — взаимно обратные величины. При технических измерениях применяются приборы и меры, пригодность которых определяется наперед установленной точностью. Для того чтобы определить, удовлетворяет ли прибор требованиям установленной точности (классу точности) производят поверку прибора.

Поверка измерительного прибора — это процесс определения погрешности прибора.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка для изучения методов измерения состоит из прибора, работающего по методу непосредственной оценки милливольтметра, лабораторного переносного потенциометра К-59, осуществляющего измерения по компенсационному методу, а также источника регулируемого напряжения ИРН.

Пирометрический милливольтметр является электроизмерительным прибором магнитоэлектрической системы. Измерительная система милливольтметра (рис. 1) состоит из постоянного магнита 1 с полюсными наконечниками 2, неподвижного стального сердечника 6, подвижной рамки 5, спиральных противодействующих пружин 4, указывающей системы 7 (стрелка, шкала) и добавочного подгонного сопротивления 3.

Принцип действия прибора основан на уравнивании электромагнитного вращающего момента рамки (пропорционального току I) противодействующим моментом пружин пропорционален углу закручивания α :

$$k_1 I = k_2 \alpha$$

или

$$\alpha = k_3 I,$$

где k_1, k_2, k_3 — постоянные коэффициенты, а так как !!!

(R — полное сопротивление цепи, состоящее из сопротивления соединительных проводов, подгоночной катушки и сопротивления рамки), то

$\alpha = !!! = k U_x$, т. е. угол поворота рамки

(стрелки) пропорционален измеряемому напряжению. Магнитоэлектрические приборы имеют равномерную шкалу ($\alpha = k U_x$) и являются более точными и чувствительными, чем приборы других систем.

Милливольтметр, предназначенный для контроля температуры (в комплекте с термопарой, преобразующей $T^\circ\text{C}$ в термо-ЭДС), градуируется в соответствии с характеристикой термопары, для которой он предназначен.

Более совершенными (точными) приборами для измерения напряжения (или температуры в комплекте с термопарами) являются потенциометры, которые работают по компенсационному методу измерения. Потенциометр не создает токовой нагрузки в измерительной цепи, что исключает потери напряжения в соединительных проводах, уменьшает температурные погрешности и позволяет удалять прибор на значительное расстояние от места измерения.

Принципиальная схема потенциометра приведена на рис. 2. Образцовой мерой электродвижущей силы (ЭДС) является нормальный

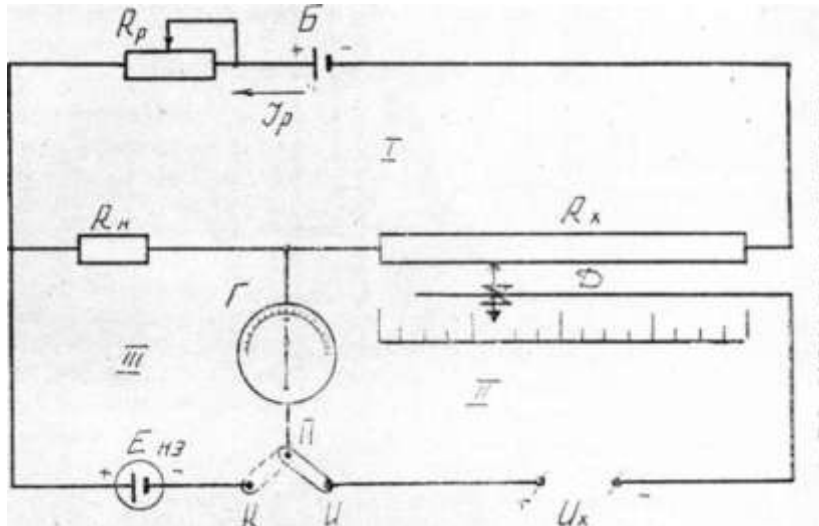


Рис. 2. Схема измерения напряжения потенциометром (компенсационный метод измерения)

международный кадмиевый элемент. Он представляет собой специальный гальванический элемент, ЭДС которого устойчива и известна с высокой точностью ($E_{нэ} = 1,0186\text{В}$, а ее изменение не превышает 100 мкВ ($0,0001\text{В}$) за год).

Компенсационное измерение (уравновешивание измеряемого напряжения его мерой — эталонным напряжением нормального элемента) осуществляется следующим образом. К источнику постоянного тока (батарее Б) подключена цепь I, состоящая из двух сопротивлений R_H и R_x и регулировочного реостата R_p . Изменяя реостатом R_p ток I_p , можно добиться

того, чтобы падение напряжения на сопротивлении R_H стало равным ЭДС нормального элемента ($E_{H.э} = I_p R_H$). (1)

Положение равновесия определяется высокочувствительным гальванометром Г, подключенным последовательно в цепь III, образованную сопротивлением R_H и нормальным элементом $E_{H.э}$ (переключатель П в положении К — «контроль рабочего тока»). Таким образом задается (и контролируется в процессе работы с прибором) точное значение рабочего тока в цепи I. Измеряемое напряжение сравнивается с помощью того же гальванометра (переключатель П при измерении переводится в положение «И») с падением напряжения на участке калиброванного сопротивления R_x (его называют реохордом)). Передвигая подвижный контакт Д реохорда, можно достигнуть равновесия: отсюда

$$U_x = I_p R'_x.$$

Разделив это равенство почленно на выражение (1), получим

$$\frac{U_x}{E_{H.э}} = \frac{I_p R'_x}{I_p R_H} = \frac{R'_x}{R_H},$$

которые служат в потенциометрах (нормальный элемент и $U_x = E_{H.э} \cdot \frac{R'_x}{R_H}$ являются мерами с постоянным мерой с переменным значением). напряжения отсчитывается по реохорд.

$$U_x = E_{H.э} \cdot \frac{R'_x}{R_H}$$

Таким образом, можно измерить неизвестное напряжение, имея точные значения $E_{H.э}$, R и R'_x , рабочими мерами сопротивления R_H значением, а R'_x — Величина измеряемого шкале, которой снабжен

Такие потенциометры широко применяются в лабораториях для проверки и градуировки милливольтметров, автоматических потенциометров, определения градуировочных характеристик термопар и т. д.

Задание

1. Ознакомиться с основными метрологическими понятиями (измерение, мера, измерительный прибор и т. д.).
2. Изучить сущность прямых измерений методами непосредственной оценки и компенсационным.
3. Освоить методику оценки точности измерения и точности приборов посредством определения погрешностей (абсолютной, относительной, приведенной относительной). Усвоить понятие класс точности прибора.
4. Произвести измерение напряжения источника регулируемой ЭДС с помощью милливольтметра и потенциометра. Произвести поверку показаний милливольтметра по всем оцифрованным точкам шкалы.

Методика выполнения работы

Поверка шкалы милливольтметра производится по показаниям лабораторного переносного потенциометра. Схема установки для проверки показана на рис. 3. К источнику регулируемого напряжения ИРН, имеющему два реостата для грубой и точной регулировки напряжения в пределах 5—100 мВ, подключают параллельно поверяемый милливольтметр и переносный потенциометр ПП. Поверка производится по всем

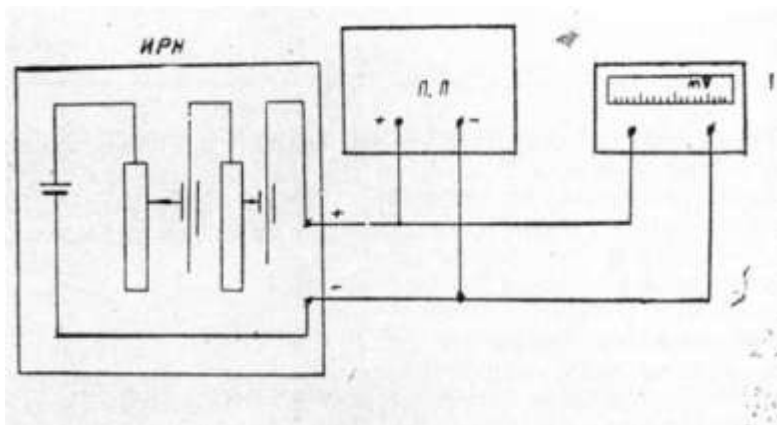


Рис. 3. Схема установки для проверки милливольтметра

оцифрованным отметкам шкалы прибора, сначала при возрастающем, затем при убывающем значениях напряжения.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством милливольтметра и подготовить его к работе.

2. Ознакомиться с работой переносного потенциометра по описанию и подготовить его к работе.

3. Собрать схему лабораторной установки (рис. 3) и подготовить протокол поверки и табл. 1 по образцу, приведенному ниже.

Протокол поверки

Милливольтметр типа № _____ со шкалой _____ мВ.

Поверка производилась при помощи потенциометра типа _____ № _____ при температуре окружающей среды _____ °С.

Т а б л и ц а

1

Но м е р	Показания	Погрешность						Вариаци я показани й																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		абсолютная, мВ		относительная, %		приведенная относит., %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
		Ход																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	пр	а	пр	о	б	ра	пр	я	о	б	ра	а	б	о	с	о	д	о	т	н	о	с	и																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

4. Произвести поверку милливольтметра по всем оцифрованным точкам шкалы, изменяя напряжение ИРН ручками «грубо» и «точно». При выполнении поверки стрелка прибора должна подходить к намеченным отметкам плавно, без проскоков.

5. На основании данных измерения (считая показание ПП действительным значением измеряемой величины) определить класс точности милливольтметра.

Г. Определить чувствительность милливольтметра.

Отчет о работе

Отчет должен содержать определение основных метрологических понятий, краткое описание принципа действия переносного потенциометра и его схему (рис. 2), схему лабораторной установки (рис. 3), протокол поверки и оценку соответствия поверяемого прибора его классу точности.

ЛИТЕРАТУРА

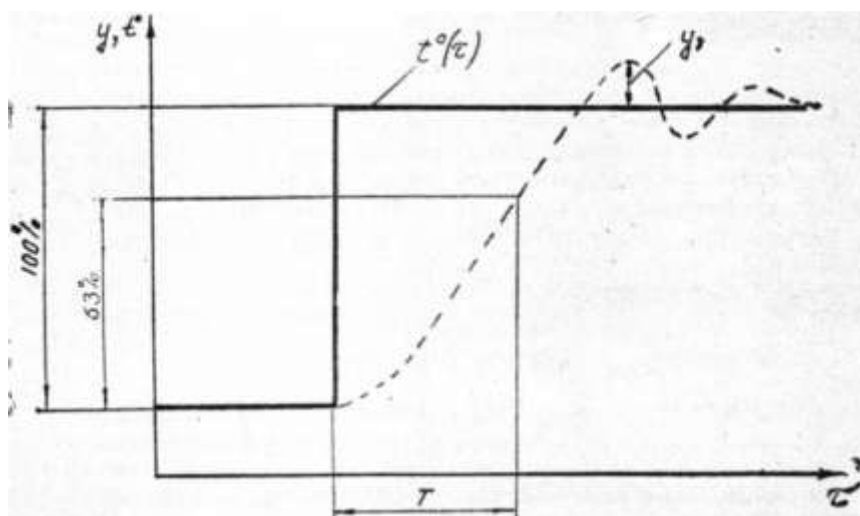


Рис. 4. График изменения показаний прибора при скачкообразном изменении измеряемой величины

строительных материалов. М., Стройиздат, 1974.

Смирнов С. М. и др. Лабораторный практикум по курсу «Основы автоматизации производственных процессов». М., Гизлэпро, 1963.

Соловцев В. К. Контрольно-измерительные приборы. М., «Высшая школа», 1966.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПОТЕНЦИОМЕТРА

Цель работы — изучение автоматического электронного потенциометра и исследование его динамических характеристик.

Системы автоматического контроля представляют собой динамические системы. Они могут находиться в установившемся состоянии и в состоянии неустановившегося (переходного) движения. В связи с этим точность систем автоматического контроля следует оценивать не только в установившемся режиме (статическая точность, ее характеристики рассмотрены в работе № 1), но и в условиях неустановившегося движения — динамическую точность, которая характеризуется динамическими погрешностями, возникающими вследствие инерционности подвижных частей, наличия реактивных элементов в электрических цепях и т. п., из-за чего на выходе системы автоматического контроля значения контролируемого параметра могут значительно отличаться от его истинного значения. Разность между текущим значением параметра в переходном процессе контроля и его истинным значением называется динамической погрешностью.

Динамические погрешности приобретают очень важное значение при контроле быстро меняющихся параметров. Для контроля подобных параметров нельзя применять системы, обладающие большими динамическими погрешностями.

При произвольном изменении контролируемого параметра в силу инерционности системы контроля текущие значения параметра, полученные в результате измерения в переходном процессе, будут значительно отличаться от истинных. Лишь по окончании переходного процесса можно определить новое значение контролируемого параметра.

Переходным процессом называют изменение во времени состояния динамической системы с момента приложения воздействия до начала установившегося процесса.

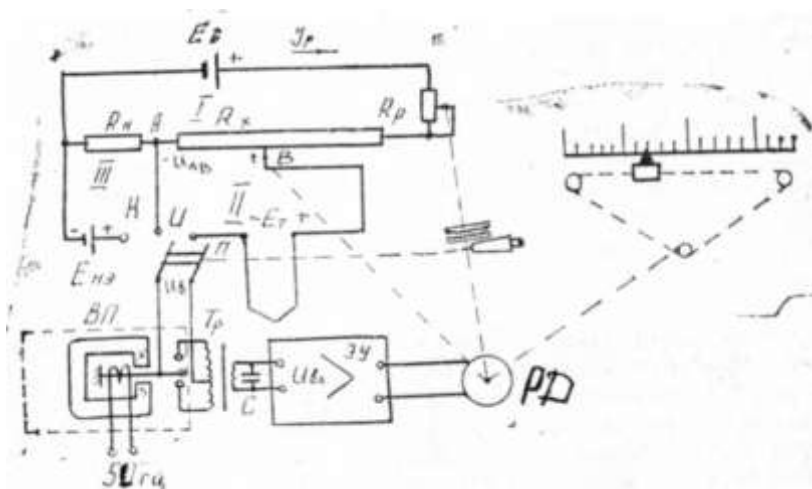


Рис. 5. Принципиальная схема электронного автоматического потенциометра

Поведение системы в переходном процессе (**особенно** системы автоматического регулирования) является одной из важнейших ее характеристик. **Теоретически** переходный процесс длится бесконечно долго, поэтому вводится условная граница окончания переходного процесса, после которой изменяющаяся величина отличается от нового установившегося состояния не более, чем на некоторую выбранную величину. Количественной характеристикой инерционности системы является быстродействие, оцениваемое постоянной времени. Постоянная времени прибора численно равна времени, необходимому для перемещения отсчетного устройства на 63% от установившегося значения при скачкообразном изменении измеряемой величины (рис. 4).

Кроме постоянной времени, динамическую точность системы автоматического контроля характеризуют: заброс (или перерегулирование) U_3 , а также количество полукосильных подвижной системы до наступления установившегося состояния.

Необходимо иметь в виду, что кроме погрешностей самих измерительных приборов или инструментальных погрешностей в процессе измерения могут иметь место дополнительные погрешности.

Дополнительная погрешность—погрешность, вызванная отклонением какого-либо внешнего фактора от нормальных условий (на которые рассчитан прибор). К таким внешним факторам относятся изменение температуры окружающей среды (например, при измерении температуры с помощью термопары, если ее свободные концы не термостабилизированы), напряжение и частота источника питания, внешние магнитные и электрические поля и т. д.

Описание устройства электронного автоматического потенциометра

Автоматические потенциометры широко применяются для определения, записи и регулирования температуры в комплекте с термопарами стандартных градуировок.

Принципиальная упрощенная схема автоматического потенциометра приведена на рис. 5.

Измерение термо-ЭДС термопары (E_T) осуществляется компенсационным методом путем ее уравнивания падением напряжения U_{AB} , снимаемым в точках А и В с реохорда. Компенсация осуществляется автоматически, так как в качестве чувствительного элемента, измеряющего напряжение небаланса (разность между E_T и $U_{AB} = I R_{AB}$, которая появляется при изменении температуры), применен высокочувствительный электронный усилитель $3y$, выходной сигнал которого управляет реверсивным электродвигателем, перемещающим ползунок реохорда (точка В) до тех пор, пока напряжение небаланса не станет равным нулю.

В устройство для автоматической компенсации входят также вибропреобразователь ВП, входной трансформатор t_p электронного усилителя ε_y и реверсивный электродвигатель РД.

Вибропреобразователь и входной трансформатор составляют преобразовательный каскад усилителя.

Сигнал управления $u_{вх}$ от измерительной схемы в виде некоторого значения напряжения постоянного тока поступает на преобразовательный каскад. Упругая стальная пластина с одним неподвижно закрепленным концом является сердечником катушки, по которой течет переменный ток частотой 50 Гц. Взаимодействие магнитного поля постоянного магнита и переменного магнитного поля, создаваемого катушкой, вызывает вибрацию пластины с частотой 50 гц. При этом контакт пластины поочередно замыкается с двумя неподвижными контактами. В результате поочередного замыкания подвижного контакта с неподвижными входное напряжение подается

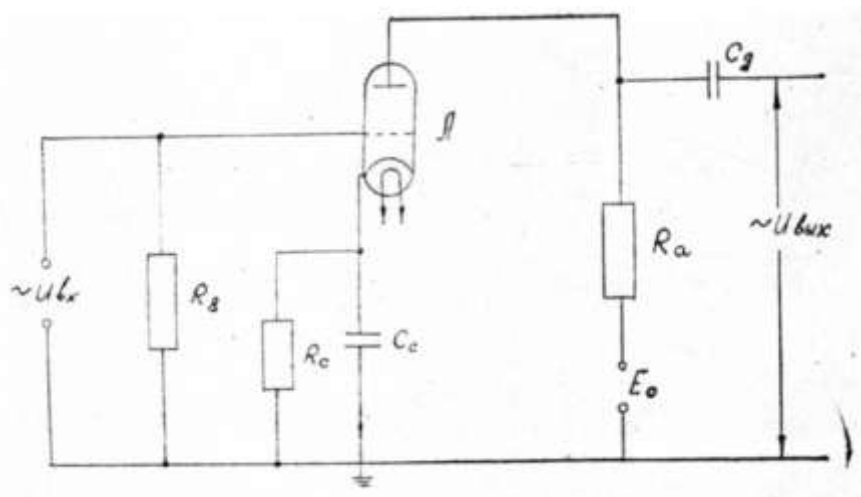


Рис. 6. Схема каскада усилителя переменного

соответственно на ту или другую половину первичной обмотки трансформатора и вызывает в обмотке токи различного направления, которые создают в сердечнике переменный магнитный поток, индуктирующий во вторичной обмотке переменную электродвижущую силу с частотой, равной частоте тока в обмотке возбуждения вибропреобразователя.

Электродвижущая сила во вторичной обмотке имеет триггерную форму вследствие несинусоидального характера изменения магнитного потока в сердечнике трансформатора. Для получения на выходе трансформатора синусоидального напряжения и повышения чувствительности вторичная обмотка настроена в резонанс с конденсатором С. Входной трансформатор обеспечивает также согласование низкоомной измерительной схемы с высокоомным входом электронного усилителя и электрического разделения этих цепей.

При изменении полярности управляющего сигнала на входе преобразовательного каскада фаза напряжения на вторичной обмотке трансформатора изменяется на 180° . Таким образом, знак небаланса после преобразовательного каскада характеризуется фазой выходного напряжения.

Усилители переменного тока, применяемые в автоматических потенциометрах (а также мостах), состоят из нескольких усилительных каскадов. В предварительных каскадах происходит усиление сигнала по напряжению, а в конечном выходном каскаде — по мощности.

Схема каскада усилителя напряжения переменного тока показана на рис. 6.

На сетку электронной лампы Л подается переменное напряжение входного сигнала $U_{вх}$. В результате чего в анодной цепи лампы протекает переменный ток. Сопротивление R_g служит для подачи на сетку отрицательного потенциала относительно катода — напряжения смещения, величина которого определяется параметрами лампы. Конденсатор C_c , шунтирующий сопротивление R_c в цепи катода, предназначен для уменьшения сопротивления переменной составляющей анодного тока.

Переменная составляющая анодного тока создает на сопротивлении нагрузки R_a переменное напряжение, повторяющее по форме входное напряжение на сетке, но увеличенное по амплитуде. Это напряжение подается на сетку лампы следующего каскада через разделительный конденсатор C_d , пропускающий только переменную составляющую выходного напряжения.

Входной сигнал, усиленный тремя рассмотренными каскадами, поступает на выходной каскад, выполненный по двухтактной схеме (рис. 7, а).

На аноды выходной лампы (двойной триод) подается напряжение переменного тока от вторичной обмотки трансформатора питания

усилителя, разделенной на две секции. Поэтому напряжения на анодах ламп сдвинуты по фазе на 180° (U_1 и U_2 , кривые 1 и 2 рис. 7, б).

В цепь между средней точкой обмотки T_p и катодами ламп включена одна из двух обмоток реверсивного двигателя РД.

Сетки ламп соединены между собой, поэтому входной сигнал подается на них в одинаковой фазе. При отсутствии входного сигнала анодные токи в обеих лампах имеют одинаковую форму, но сдвинуты на полпериода (кривая 6 на рис. 7, б). Через обмотку реверсивного двигателя течет суммарный ток, создающий вместе с током второй обмотки, включенной непосредственно в сеть, два вращательных момента, направленных в разные стороны. Двигатель не вращается.

Если к сеткам приложено переменное напряжение, то его фаза совпадает с фазой анодного напряжения на том или дру-

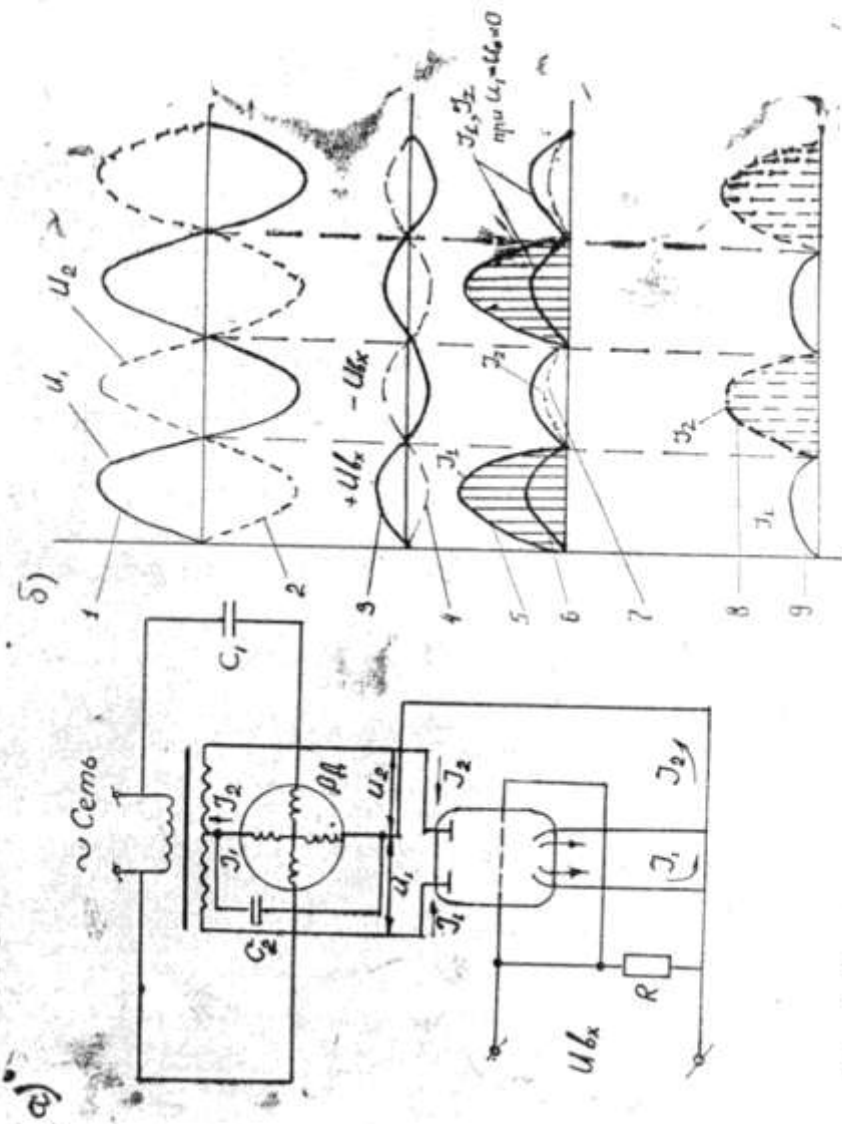


Рис. 7. Принципиальная схема выходного каскада усилителя (усилителя мощности) и диаграммы токов и напряжений в нем

гом триоде (как было сказано выше, фаза входного сигнала зависит от знака разбаланса измерительной схемы). При этом соотношение токов меняется. Как видно из диаграммы (рис. 7, б, кривые 5 и 8), ток проходит через ту половину лампы, где положительная фаза анодного напряжения совпадает с фазой сигнала на сетке (кривые 3 и 4). Во вторую часть периода через другую половину лампы проходит значительно меньший ток (кривая 7) в связи с отрицательным потенциалом на ее сетке (кривая 3).

Как отмечалось, обмотки двигателя РД включены: одна в анодные цепи выходного каскада, другая — в сеть через конденсатор C_i . Это обеспечивает сдвиг фаз токов в обмотках на 90° .

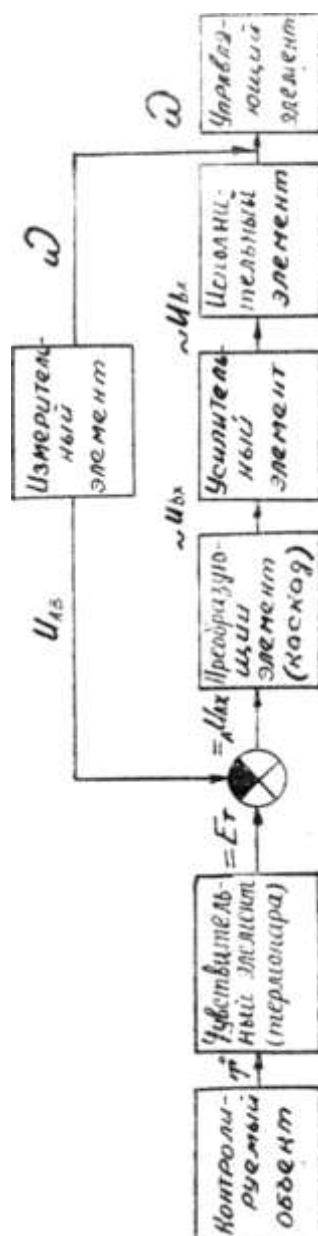
В результате сложения магнитных потоков, создаваемых токами обмоток, образуется вращающееся магнитное поле, направление вращения которого определяется фазой тока в обмотке, включенной в анодную цепь выходного каскада.

Рассмотренные элементы потенциометра (преобразователь, усилитель, электродвигатель) характерны для многих типов автоматических приборов.

Как отмечалось, в автоматическом потенциометре осуществляется уравнивание контролируемой термо-ЭДС путем изменения компенсирующего напряжения. Компенсирующее напряжение снимается с реохорда, представляющего участок цепи, по которой протекает рабочий ток I_p (рис. 5, контур 1). Рабочий ток I_p , проходя через сопротивления R_p , R_x и R_H , создает на каждом из них падение напряжения, определяемое величиной сопротивления и величиной I_p . Падение напряжения U_{AB} между точками А и В (движок реохорда) является уравнивающим. Если термо-ЭДС E_T равна по величине уравнивающему напряжению U_{AB} , ток в измерительном контуре II равен нулю и двигатель РД **не** воздействует на движок реохорда.

При изменении температуры и, следовательно, E_T баланс нарушается и в контуре II потечет ток, вызванный напряжением, равным разности между E и U_{AB} ($R_{AB} I_p$). Этот **ток** поступит на преобразовательный каскад усилителя, что приведет к включению РД, который будет перемещать движок реохорда (точка В) в такую сторону и до тех пор, пока **ток** в контуре II не исчезнет ($U_{AB}' = E_T$).

Автоматический потенциометр будет правильно работать только при неизменном значении рабочего тока I_p , так **как**



только при неизменном I_p уравнивающее напряжение U_{AB} зависит от положения движка реохорда (и по его положению градуируется шкала прибора). Поэтому необходимо ток I_p периодически контролировать. Для контроля I_p необходимо переключатель П перевести в положение К. При этом устройство автоматической компенсации (вибропреобразователь, усилитель и РД) подключается к контуру III измерительной схемы. Этот контур состоит из нормального элемента $E_{н.э}$ и сопротивления R_n , по которому течет рабочий ток. Величина сопротивления R_n подобрана такой, что при прохождении по нему рабочего тока номинальной величины падение напряжения на нем равно ЭДС нормального элемента. $I_p \cdot R_n = E_{н.э}$.
(2)

Если величина рабочего тока отличается от номинальной, небаланс в контуре III вызовет срабатывание схемы автоматической компенсации, т. е. реверсивный двигатель включится. Переключатель П заблокирован с фрикционной муфтой К, связывающей РД с ползунком R_p ; поэтому вращение двигателя вызовет изменение сопротивления в цепи рабочего тока, который будет уменьшаться или увеличиваться до тех пор, пока не восстановится равенство (2).

В новых модификациях потенциометров питание измерительной схемы производится от стабилизированного источника питания, поэтому необходимость проверки рабочего тока отпадает.

При изучении динамических систем автоматического контроля и регулирования существенное значение имеют не технические свойства отдельных элементов, а их функции и характер взаимосвязей между ними. Наглядное представление об этом дают функциональные схемы.

Функциональные схемы отражают взаимодействие устройств узлов, элементов автоматики в процессе их работы. Графически устройства автоматики изображаются в виде прямоугольников, а существующие между ними связи — стрелками, направление которых соответствует направлению **прохождения сигнала**.

Внутреннее содержание каждого блока не конкретизируется, а функциональное назначение помечается внутри прямоугольника. Функциональная схема системы автоматического контроля температуры объекта с помощью термопары и потенциометра приведена на рис. 8.

Схема наглядно иллюстрирует работу **потенциометра** и не требует **пояснений**. Кружком, **разделенным** на четыре сектора, обозначается элемент **сравнения**. **Зачерненный** сектор означает, что подаваемая величина противоположна по знаку величине, подаваемой в незачерненный сектор. Элементом сравнения в потенциометре является контур II измерительной схемы.

Первичным прибором (измерительным элементом или датчиком) потенциометров являются термопары, получившие широкое распространение в системах автоматического контроля и регулирования большинства тепловых процессов. Термопара представляет собой два проводника из разных материалов. Одни концы проводников спаяны или сварены, а другие — свободно включаются во внешнюю цепь. Спаянные концы термопары (их называют рабочим или горячим концом) помещают в среду, температуру T_1 которой необходимо контролировать. Свободные концы располагают в среде, температура T_2 которой должна быть постоянной. При разности температур T_1 и T_2 на концах проводников, включенных во внешнюю цепь, возникает термо-ЭДС, величина которой определяется этой разностью.

При измерении температуры приборами с термопарами следует учитывать дополнительные ЭДС, которые возникают в местах соединения свободных концов термопары с линией связи или с зажимами прибора. Значения этих ЭДС определяются температурой окружающей среды, что вносит дополнительные погрешности в измерение.

Чтобы уменьшить эти погрешности, применяют специальные компенсирующие устройства и компенсационные провода, которые отделяют термопару от измерительного прибора.

Компенсационные провода изготавливают из материалов, которые при соединении дают такую же термо-ЭДС, как и термопара. Применение компенсационных проводов позволяет перенести ее свободные концы в зону сравнительно устойчивой температуры окружающей среды, где обычно устанавливаются вторичные приборы.

Если в месте установки прибора колебания температуры значительны, применяют специальные устройства, обеспечивающие термостабилизацию свободных концов, или компенсирующие устройства (коробка автоматической компенсации температуры холодных спаев).

Описание лабораторной установки и методика выполнения работы

Лабораторная **установка** состоит из автоматического потенциометра, подключенного к электрическому щиту так, что питающее напряжение можно изменять; термопары, подсоединенной к потенциометру с помощью соединительных проводов и тумблера, и теплового объекта.

Для проведения испытаний необходимо подготовить лабораторную установку к действию. После подготовки установки снимают переходные характеристики всей измерительной схемы и вторичного прибора. Зная действительные и измеренные значения температуры объекта, вычисляют основную и дополнительную погрешности прибора.

Задание

1. Ознакомиться с основными динамическими характеристиками систем автоматического контроля.
2. Изучить принцип действия и устройство автоматического потенциометра.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия электронного автоматического потенциометра и отдельных его элементов: измерительной схемы, преобразующего каскада, усилителя, реверсивного двигателя, схемы поверки рабочего тока.
2. Подготовить прибор к работе: проверить механический пульс, включить потенциометр в сеть и дать прогреться 3—5 мин. Произвести поверку и установку рабочего тока.
3. Включить привод регистрирующего устройства (протяжку диаграммы) и осуществить на измерительной системе скачкообразное воздействие контролируемой величины. Воздействие, близкое к скачкообразному, достигается путем быстрого перенесения датчика (термопары) из среды с температурой T_1 (окружающего воздуха) в объект с температурой T_2 (100°C). Получить график переходного процесса в системе (фиксируется на диаграмме).
4. Получить переходную характеристику самого потенциометра (без чувствительного элемента). Для этого термопару, отключенную от прибора, поместить в нагреватель и, выждав, когда температуры объекта и датчика уравниваются, замкнуть тумблер, подключающий термопару к потенциометру (перед подключением включить привод диаграммы).
5. Произвести по полученным графикам определение динамических характеристик измерительной системы в целом (T , U_3 , количество полукосинусов отсчетного устройства до наступления установившегося режима).
6. Определить основную приведенную погрешность потенциометра, измеряя температуру, действительное значение которой известно.
7. Определить дополнительную погрешность прибора при понижении питающего напряжения на 15%.

Отчет о работе

Отчет должен содержать: принципиальную электрическую схему электронного автоматического потенциометра с кратким описанием его работы, функциональную схему измерительной установки, переходные характеристики системы и потенциометра и результаты определения динамических характеристик, а также основной и дополнительной погрешностей прибора.

ЛИТЕРАТУРА

Миронов К. Л., Шипетин Л. И. Теплотехнические измерительные приборы. М., Машгиз, 1958.
Мясковский И. Г. Автоматизация производственных процессов и контрольно-измерительные приборы. М., «Высшая школа», 1969.

Лабораторная работа № 4

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАСХОДА ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Цель работы — изучение метода измерения расхода по переменному перепаду давления.

Расход жидких и газообразных сред является одним из важных параметров ряда технологических процессов, а наиболее распространенным методом его измерения — измерение по переменному перепаду давления. Принцип действия расходомеров переменного перепада основан на зависимости перепада давления, создаваемого сужающим устройством, установленным в трубопроводе, от скорости протекания среды.

Для измерения расхода методом переменного перепада в трубопровод, по которому протекает жидкое или газообразное вещество, устанавливают сужающее устройство (диафрагму, сопло или трубу Вентури). Вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую средняя скорость потока в суженном сечении повышается, в результате чего статическое давление в данном сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством.

Разность этих давлений тем больше, чем больше скорость (расход) протекающего вещества.

На рис. 1 изображены характер потока и распределение давлений и скоростей вдоль него при протекании вещества по участку трубопровода, на котором установлено сужающее устройство. Выделены три характерных сечения: I, II и III.

I—сечение потока, где еще не сказалось возмущающее воздействие сужающего устройства;

II— наименьшее сечение, расположенное в силу инерции протекающего потока за сужением;

III— сечение за сужением, в котором поток снова полностью расширился. Скорость v_3 принимает первоначальное значение ($v_3 = v_1$), а давление восстанавливается до величины $P_1 = \delta P$, где δP — остаточная «потеря давления», обусловленная, главным образом, наличием мертвых зон около диафрагмы, в которых образуются замкнутые вихревые потоки, и трением.

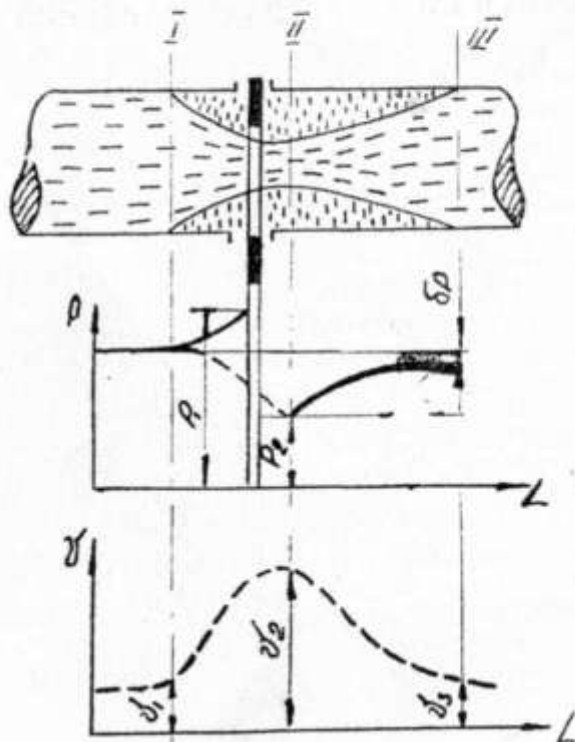


Рис- 1. Характер изменения потока вещества и графики давления и скорости в сужающем устройстве

Зависимость между расходом вещества и перепадом давления можно установить, пользуясь уравнением Бернулли и уравнением неразрывности струи. Для сечений I и II эти уравнения при горизонтальном трубопроводе имеют вид

P_2 , v_2 , y_2 , F_2 — те же в сечении II. Считая удельный вес среды в сечениях I и II одинаковым, имеем.

$$P_1 - P_2 = \frac{\gamma}{2g} (v_2^2 - v_1^2).$$

Откуда

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_1 - P_2)}$$

Так как объемный расход равен произведению скорости на площадь сечения, то

$$Q = F_2 v_2 = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_1 - P_2)}.$$

В действительности перепад давлений измеряется не в сечениях I и II, а непосредственно до и после сужения. Кроме того, полученное уравнение не

учитывает вязкости реальной среды и трения ее о трубопровод, а вместо сечения потока F_2 используют площадь сужающего устройства F_0 . В связи с этим в уравнение, вводят коэффициент a , который называют коэффициентом расхода. Он зависит от типа сужающего уст-

!!!

ройства, от отношения !!! . шероховатости трубопровода.

F_1

Таким образом, окончательно обозначив $P_1—P_2$ как ΔP , получаем зависимость, связывающую объемный расход с перепадом:

$$Q = a F_0 \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P}.$$

Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки приведена на рис . 2. Установка состоит из центробежного вентилятора 1, который прогоняет воздух по трубопроводу 2. В этот трубопровод вставлено сужающее устройство в виде трубы Вентури 5. Давление воздуха до и после места сужения потока по импульсным трубкам передается на колокольный дифманометр 4.

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\gamma_1 \cdot v_1 \cdot F_1 = \gamma_2 \cdot v_2 \cdot F_2.$$

P_1 , v_1 , γ_1 , F_1 -- соответственно статическое давление, средняя скорость, удельный вес среды, площадь в сечении 1.

метр 9 и мембранные манометры 3. Мембранные манометры измеряют давление до сужения и в суженной части потока. Разность показаний этих манометров определяет перепад давления ΔP на сужающем устройстве. Этот же перепад давления воздействует на колокольный дифманометр 9, который является датчиком вторичного показывающего прибора ЭИВ-02 (4).

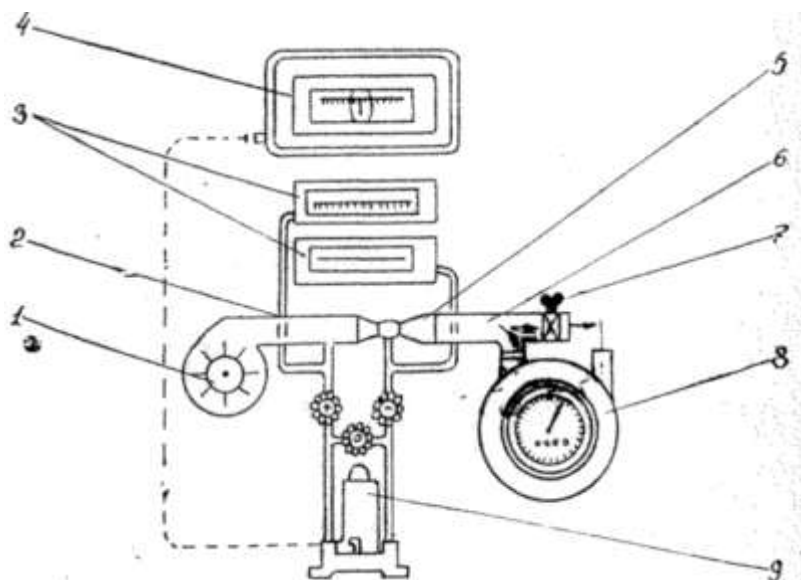


Рис. 2. Схема лабораторной установки

После трубки Вентури воздушный поток проходит через объемный счетчик расхода 8, который регистрирует суммарный расход воздуха.

Величину расхода Q можно менять, регулируя напряжение питания электродвигателя вентилятора 1

На рис. 3 изображена схема колокольного дифманометра типа ДК. В цилиндр 6 до определенного уровня залито трансформаторное масло, в которое погружен колокол 5. В полости 1 и 2, образованные под колоколом и над ним, по трубкам 3 передается давление P_1 до сужающего устройства и давление P_2 в месте сужения.

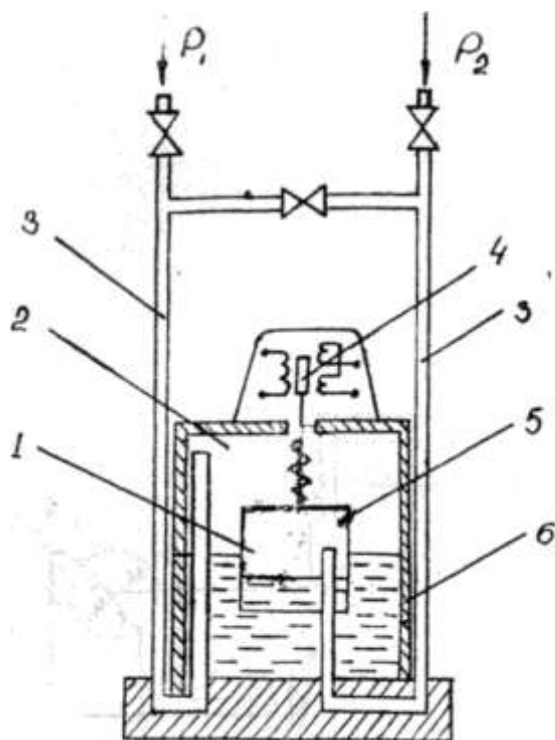


Рис. 3. Схема колокольного дифференциального манометра

Под действием разности давлений (ΔP) колокол перемещается, занимая положение, определяемое величиной ΔP . К колоколу прикреплен плунжер 4, который служит сердечником индукционной катушки с первичной и двумя вторичными обмотками (дифференциальный трансформатор). Вторичные обмотки намотаны встречно и соединены так, что наводимые в них ЭДС вычитаются. Поэтому при прохождении тока по первичной обмотке во вторичных обмотках наводятся ЭДС в противоположных фазах. Таким образом перепад давления преобразуется в колокольном дифманометре в ЭДС переменного тока, величина которой определяется величиной ΔP , а фаза — направлением перемещения плунжера от среднего положения (в котором разностная ЭДС на выходе дифференциального трансформатора равна 0).

На рис. 4 приведена упрощенная принципиальная **схема** вторичного прибора ЭИВ-02 с подключенным к нему дифференциальным трансформатором первичного прибора (дифма-номера). Во вторичном приборе имеется точно такая же трансформаторная катушка, как и на дифманометре. Катушки датчика и прибора включены в дифференциально-трансформаторную схему.

По их первичным обмоткам протекает одинаковый ток, так как они включены последовательно и питаются переменным напряжением 20 В от трансформатора электронно-усилителя. Поэтому при одинаковом

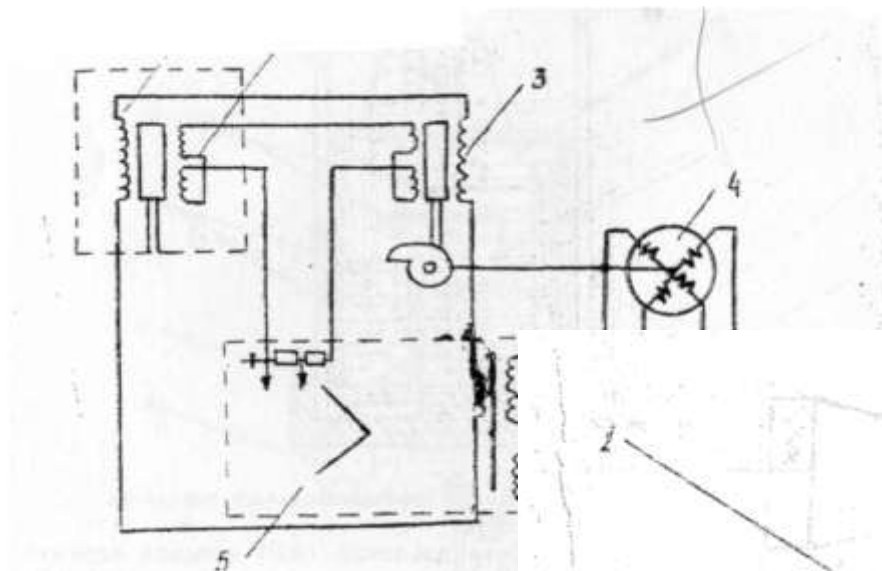


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема и

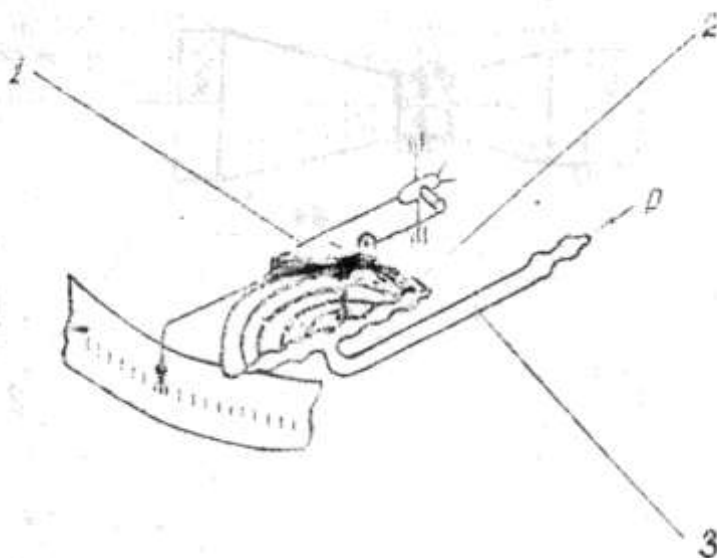


Рис. 5. Схема устройства мембранного манометра

положении сердечников катушек во вторичных обмотках индуцируются равные друг другу ЭДС, а вследствие встречного включения вторичных обмоток эти ЭДС компенсируются, и на вход усилителя сигнал не поступает. С

При рассогласованном положении сердечников (что вызывается изменением перепада давления и следствием его — перемещением сердечника катушки датчика) напряжения на вторичных обмотках катушек датчика и вторичного прибора не будут равны, и на вход усилителя будет подаваться напряжение, равное их разности. Величина и фаза этого напряжения зависят от величины и направления рассогласования.

Это переменное напряжение, усиленное электронным усилителем, приводит во вращение реверсивный фазочувствительный двигатель, который с помощью кулачка перемещает плунжер в катушке прибора до момента согласования его положения с положением плунжера в катушке датчика, т. е. до получения равенства напряжений, индуцируемых во вторичных обмотках обеих катушек. Это приводит к прекращению сигнала, поступающего на усилитель, и остановке двигателя.

Таким образом, положение плунжера датчика, зависящее от значения измеряемой величины ($Q - \Delta P$), определяет соответствующее положение плунжера в катушке прибора, а

следовательно, и положение цилиндрического циферблата, приводимую в движение тем же двигателем, относительно неподвижного указателя.

Мембранные манометры служат для измерения малых давлений и разрежений воздуха или неагрессивных газов.

Устройство мембранного манометра показано на рис. 5.

Измеряемое давление по трубке со штуцером 3 поступает в коробку 2, спаянную из двух гофрированных мембран, заставляя их прогибаться

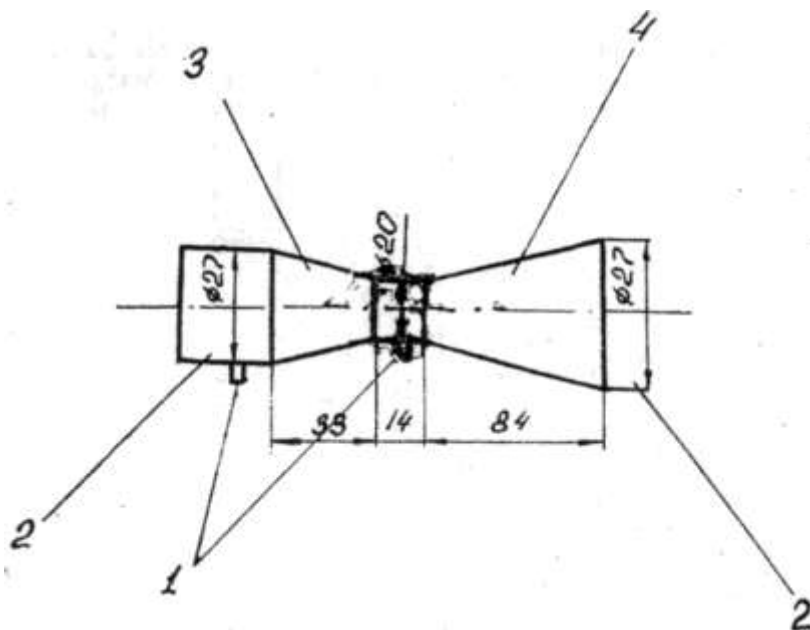


Рис 6. Схема сужающего устройства (труба Вентури): 1 — импульсные трубки; 2 — трубопроводы; 3 — конфузор; 4 — диффузор

Нижняя мембрана неподвижно прикреплена к корпусу прибора, а к центру верхней припаян штифт, соединенный системой рычагов со стрелкой 1. Перемещение мембраны со штифтом под действием давления вызывают соответствующие перемещения стрелки вдоль шкалы прибора.

На данной установке в качестве сужающего устройства применена труба Вентури (рис 6).

1. Ознакомиться с теоретическими основами метода контроля расхода по переменному перепаду давления.

2. Ознакомиться с лабораторной установкой и задействованными на ней приборами.

3. Произвести поверку расходомера ЭИВ-02 по показаниям объемного счетчика. Установить класс точности прибора.

4. Вычислить по показаниям прибора ЭИВ-02 и мембранных манометров коэффициент расхода α .

Методика выполнения работы

При выполнении лабораторной работы показания расходомера переменного перепада давления (ЭИВ-02) сравниваются с показаниями объемного (газового) счетчика, данные которого принимаются как действительные. Поверка производится по 5 оцифрованным делениям шкалы прибора.

На основании полученных результатов вычисляется класс точности ЭИВ-02.

Экспериментальное определение коэффициента расхода α производится путем вычислений по зависимости $Q = f(\Delta P)$. Необходимые числовые данные получают по показаниям ЭИВ-02 мембранных манометров, учитывая геометрические размеры сужающего устройства (рис. 6).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методом контроля расхода по переменному перепаду давления, с приборами и лабораторной установкой.

2. Включить установку и, изменяя напряжение питания электродвигателя вентилятора, установить расход воздуха 5 л/мин по шкале ЭИВ-02. Установить пробковый кран 5 (рис. 2) в положение, при котором воздух проходит через объемный счетчик 6. Произвести одновременно отсчет времени (по секундной стрелке часов) и показаний объемного счетчика. По истечении 3 мин снять новое показание объемного счетчика и вычислить объемный расход воздуха.

Следить, чтобы в течение замера показание ЭИВ-02 оставалось неизменным. Изменяя расход воздуха, произвести аналогичные замеры на делениях 10, 15, 20, 25 шкалы ЭИВ-02.

Произвести пересчет показаний объемного счетчика в среднее мгновенное значение расхода, выразив их в л/мин. Результаты замеров свести в табл.1 и определить абсолютные и относительные погрешности расходомера ЭИВ-02 принимая показания объемного счетчика за действительные

Т а б л и ц а 1

Параметры	Помер опыта			
	2	3	4	5
Показания ЭИВ-02. л/мин				
Показания счетчика, л				
Вычисленное значение О. л.				
Абсолютная погрешность ΔQ , л				
Относительная погрешность. %				

прибора - максимальная приведенная относительная погрешность, выраженная в %) по формуле
!!!

где $\Delta Q_{\max}$ — максимальная абсолютная погрешность;

$P_{\text{приб}}$ - максимальное значение шкалы прибора (если шкала начинается не с 0, !!! 4. Установить пробковый кран 5 в положение, когда воздух не проходит через газовый счетчик. Установить расход, равный 10 л/мин. снять показания мембранных манометров 3 и вычислить ΔP . Зная, что диаметр суживающего устройства равен 20 мм, определить по формуле объемного расхода коэффициент расхода и перепад давления при расходе $Q = 20$ л/мин. Используя полученный коэффициент, вычислить расчетное значение расхода. Определить разницу между измеренным и вычисленным значениями расхода, сопоставить ее с погрешностью, полученной ранее.

Отчет о работе

Отчет о работе должен содержать краткое описание метода контроля расхода по переменному перепаду и схемы (рис. 3 и рис.4), таблицу с результатами измерений, расчеты по определению класса точности прибора и коэффициента расхода.

ЛИТЕРАТУРА

Монахов В. И. Измерение расхода и количества жидкости, газа и пара. М , Госэнергоиздат, 1962.
Мясковский И. Г. Автоматизация производственных процессов и контрольно-измерительные приборы М. «Высшая школа», 1969

Лабораторная работа № 5

ИЗМЕРЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И МАШИН МЕТОДОМ ТЕНЗОМЕТРИИ

Цель работы - ознакомление с методом тензометрических измерений и устройством для измерения механических деформаций с помощью проволоочного тензодатчика.

Электротензометрические методы исследований широко используются в технике. При помощи тензометрии возможно измерить и зарегистрировать усилия, напряжения и деформации в элементах машин, механизмов и сооружений в лабораторных и производственных условиях, а также исследовать медленно и быстро протекающие процессы, записать во времени силы и давления, скорости, линейные и угловые ускорения, изгибающие и крутящие моменты, колебания, вибрации и температуру.

Явление тензоэффекта состоит в том, что при механической деформации проводников и полупроводников меняется их омическое сопротивление.

Изменение сопротивления проволоки при растяжении или сжатии обусловлено изменениями в процессе деформации ее

1!

6. При помощи дистанционного управления, давая скачкообразное изменение подачи теплоносителя в объект, получить его динамические характеристики в численном виде (постоянную времени Т).

Методика выполнения лабораторной работы

Для осуществления автоматического регулирования температуры необходимо перевести ручку переключателя на "авт", включить регулятор и вторичный прибор.

Для снятия динамических характеристик объекта регулирования необходимо перевести ручку переключателя в положение "дист" и выключить регулятор ГПРЭ-2м.

Для получения переходного процесса объекта регулирования необходимо осуществить скачкообразное возмущающее воздействие путем установки кнопки дистанционного управления в положение "открыто" или "закрыто". Анализ полученных результатов регулирования температуры и переходного процесса следует осуществлять по графикам, вычерченным на диаграммной бумаге вторичного прибора МСР-1.

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с лабораторной установкой автоматического регулирования температуры в камере.
2. Изучить работу приборов системы автоматического контроля в регулирования температуры в камере,
3. Подать напряжение переменного тока для питания приборов лабораторной установки (делается только под наблюдением лаборанта или преподавателя).
4. После 15-минутного прогрева аппаратуры включить систему.
5. По окончании работы регулятора при помощи вторичного прибора снять динамические характеристики камеры.
6. Составить отчет по работе, который включает:
 - описание лабораторной установки автоматического контроля и регулирования температуры;
 - рисунки УИ-1, УИ-2, УИ-6, УИ-7;
 - график процесса регулирования, график переходного процесса в количественные значения его динамических показателей;
 - полученную теоретическим путем передаточную функцию объекта регулирования.

Р а б о т а 7

АВТОМАТИЧЕСКОЕ И ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДРОБИЛЬНО-ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКОЙ

Цель работы - изучение схемы автоматического и дистанционного управления технологической дробильно-транспортирующей установкой

Теоретические сведения

При автоматическом управлении производственным процессом совокупность автоматических приборов и устройств обеспечивает необходимую последовательность и прекращение отдельных операций без вмешательства человека.

В настоящей работе рассматривается релейно-контактная схема автоматического управления технологической установкой, осуществляющей дробление и транспортировку строительного материала.

Работа автоматической дробильной установки о транспорте рами

Технологическая цепь аппаратов установки состоит из бункера, питателя, щековой дробилки и двух транспортеров (рис.УП-4).

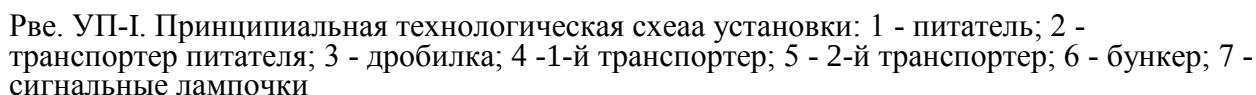
Принципиальная электрическая схема управления электродвигателями питателя, дробилки, 1-го и 2-го транспортеров показана на рию.УП-2.

Эти электродвигатели управляются магнитными пускателями 1МП, 2МП, 3МП и 4МП.

Схема предусматривает два способа управления электродвигателями: дистанционное (ручное) и автоматическое.

Переключение управления на "ручное" или "автоматическое" осуществляется универсальным переключателем (ПУ).

Таблица коммутаций, осуществляемых ПУ, показана на рию.УП-2. Если ПУ находится в положении "ручное управление", то замкнуты контакты с нечетными номерами. При этом электродвигатель Д₄ 2-го транспортера управляется цепью, составленной кнопкой 4КС "стоп", кнопкой 4КП "пуск", заблокированной блок-контактом БК 4МП-1 и катушкой магнитного пускателя 4МП. При нажатии на 4 КП эта цепь замыкается и пускатель 4МП срабатывает, замыкая при этом силовые контакты, через которые ток поступает на электродвигатель Д₄ и замыкает два блок-контакта (БК4МП-1 и БК4МП-2).



Проектный документ
Схема управления

Канал	Сигнал	Состояние	Действие
1	1	0	0
1	2	0	0
1	3	0	0
1	4	0	0
1	5	0	0
1	6	0	0
1	7	0	0
1	8	0	0
1	9	0	0
1	10	0	0
1	11	0	0
1	12	0	0
1	13	0	0
1	14	0	0
1	15	0	0
1	16	0	0
1	17	0	0
1	18	0	0
1	19	0	0
1	20	0	0
1	21	0	0
1	22	0	0
1	23	0	0
1	24	0	0
1	25	0	0
1	26	0	0
1	27	0	0
1	28	0	0
1	29	0	0
1	30	0	0
1	31	0	0
1	32	0	0
1	33	0	0
1	34	0	0
1	35	0	0
1	36	0	0
1	37	0	0
1	38	0	0
1	39	0	0
1	40	0	0
1	41	0	0
1	42	0	0
1	43	0	0
1	44	0	0
1	45	0	0
1	46	0	0
1	47	0	0
1	48	0	0
1	49	0	0
1	50	0	0
1	51	0	0
1	52	0	0
1	53	0	0
1	54	0	0
1	55	0	0
1	56	0	0
1	57	0	0
1	58	0	0
1	59	0	0
1	60	0	0
1	61	0	0
1	62	0	0
1	63	0	0
1	64	0	0
1	65	0	0
1	66	0	0
1	67	0	0
1	68	0	0
1	69	0	0
1	70	0	0
1	71	0	0
1	72	0	0
1	73	0	0
1	74	0	0
1	75	0	0
1	76	0	0
1	77	0	0
1	78	0	0
1	79	0	0
1	80	0	0
1	81	0	0
1	82	0	0
1	83	0	0
1	84	0	0
1	85	0	0
1	86	0	0
1	87	0	0
1	88	0	0
1	89	0	0
1	90	0	0
1	91	0	0
1	92	0	0
1	93	0	0
1	94	0	0
1	95	0	0
1	96	0	0
1	97	0	0
1	98	0	0
1			

будет оставаться замкнутой через этот контакт. Другим блок-контактом, стоящим в цепи управления электродвигателя -1-го транспортера Дз, подготавливается эта цепь к аналогичному включению. Таким образом, контакт БК4МП-2 осуществляет автоблокировку, которая заключается в том, что, не включив электродвигатель Д4, нельзя запустить электродвигатель Дз, или, если двигатель Д4 остановится по какой-либо причине (перегрузка, короткое замыкание в цепи), то этот же контакт разорвет цепь управления электродвигателя Дз, который тоже остановится.

Аналогично построены цепи управления двигателями Д₃, Д₂. Таким образом, управление электродвигателями всей технологической цепочки (питатель, дробилка, 1-й транспортер, 2-й транспортер) построено так, что остановка любого из аппаратов технологической цепи вызывает, остановку всех предыдущих аппаратов.

Автоблокировка исключает вероятность завала перерабатываемым считываемым материалом остановившегося агрегата. Кроме того, автоблокировка исключает возможность пуска какого-либо из аппаратов технологической линии при неработающих последующих. Например, если оператор ошибочно нажмет кнопку включения питателя, когда дробилка не работает, то питатель не включается. Дробилка не включится, если не включен 2-й транспортер и т.д. Поэтому при запуске установки необходимо соблюдать следующий порядок: первым должен запускаться 2-й транспортер, затем -1-й транспортер, дробилка и питатель.

При переключении универсального переключателя ПУ в положение "Авт" цепи ручного управления (контакты-1,3,5,7) размыкаются (рис. УП-2,а) и замыкаются контакты 2,4,6,8 цепей автоматического управления. Для D_4 цепь автоматического управления состоит из контактов 4РВ-I, 1РП-I и катушки 4МП, для D_3 - из контакта 3РВ-I и катушки ЭЛЛ, для D_2 - из контакта 2РВ-I и катушки 2МП, для D_1 - из контактов 2РП-I, 1РВ-I и катушки 1МП,

Схема включения реле, управляющих контактами этих цепей, показана на рис. УП-2

Порядок работы схем автоматического управления

При нажатии на кнопку "пуск" (рис. УП-2) замыкается цепь катушки реле РП, реле срабатывает - замыкаются его контакты РП-2, блокирующий кнопку "пуск", РП-3, включающий реле РВ, РП (рис. УП-2), замыкающий цепь питания катушки пускателя 4МП, который своими силовыми контактами включает электродвигатель Д₄. С помощью блок-контакта БК 4МП-2 замыкается цепь катушки 3МП, которая, в свою очередь, своими силовыми контактами включает в работу Д₃.

Блок-контактом БК 3МП-2 замыкается цепь катушки пускателя 2МП, включающего двигатель Д₂ и подготавливающего своими блок-контактами БК 2МП-2 цепь катушки пускателя 1МП к заключению.

Таким образом, при нажатии кнопки "пуск" одновременно включаются три двигателя: 2-го, 12-го транспортеров и дробилки, а также реле времени 4РВ. По выдержке времени, на которую настроено это реле, его замыкающие контакты 1РВ-1, стоящие в цепи катушки ЦП, замыкаются, и происходит пуск двигателя питателя.

Выдержку времени можно задавать, настраивая 1РВ.

Прекращение работы технологической установки также программное. Программа на остановку агрегатов задается с помощью реле времени 2РВ, 3РВ и 4РВ.

Для выключения агрегатов дробильно-транспортирующей установки надо нажать кнопку "стоп" в цепи катушки 2РП.

Промежуточное реле 2РП срабатывает, его контакты 2РП-3 блокируют кнопку "стоп", контакты 2РП-1 (рис. УП-2) разрывают цепь катушки 1МП, что приводит к остановке электродвигателя питателя Д₁, контакты 2РП-2 замыкают цепь питания реле времени 2РВ.

По истечении заданного времени, на которое настроено 2РВ, происходит его срабатывание и размыкающие контакты 2РВ-1 (рис. УП-2) размыкают цепь катушки магнитного пускателя 2МП, а контакты 2РВ-2 включают реле времени 3ГВ. В результате этого останавливается двигатель дробилки.

Реле времени 3РВ работает аналогично 2РВ, по истечении времени, на которое оно настроено с помощью контактов 3РВ-1, останавливается двигатель Д₃ (1-й транспортер), а контакты 3РВ-2 включают реле времени 4РВ. Выдержка времени должна быть такой, чтобы по ее окончании транспортер полностью освободился от находящегося на нем материала.

Выдержка времени на реле времени 4РВ должна обеспечить освобождение от материала 2-го транспортера, после чего контакты 4РВ-1, стоящие в цепи 4МП (рис. УП-2), размыкают цепь питания 41.31, в

результате чего двигатель 2-го транспортера останавливается. Контакты 4РВ-2 (рис. УП-2) одновременно с этим включают 3РП, которое разомкнув свои контакты 3ГП-1 и 3РП-2. шунтирующие кнопки "пуск" и "стоп", приведет схему автоматического управления в исходное положение.

Для осуществления программного управления в технологической схеме управления используются реле времени типа Е-52.

Устройство реле времени типа Е-52

Реле Е-52 (рис. УП-3) относится к электромоторным реле времени. Момент срабатывания его выходных контактов (выдержка времени) осуществляется с помощью электромотора 1 и кинематической системы, состоящей из пары шестерен 2 и храпового колеса 3, которое вращаются при работе электромотора. Храповик 4 и водильце 6, расположенные на одной втулке, свободны и отжимаются пружиной 7 против направления вращения всей системы до упора водильца 6 в стопор а, находящийся на диске 9 (если храповик не прижат вилкой к храповому колесу 3). Вилка 5 и электромагнит Ю служат электросцеплением, которое при включении электромагнита Ю вводит храповик 4 в сцепление с храповым колесом 3, при этом водильце 6 начинает двигаться от упора (стопора) 8 к контактам 11. Время движения водильца определяется положением стопора (упора) 8.

Стопор 8 можно поставить, поворачивая диск так, чтобы водильце 6 было отведено от контактов 11 на оборот, который оно проходит за 60 с, что соответствует максимальной выдержке времени для данного реле. При этом против визира 12 находится отметка шкалы с цифрой 60 с диска 9.

Если, отпустив зажимную гайку 13, повернуть диск так, чтобы стопор удерживал водильце 6 на расстоянии пол-оборота от контактов 11, то против визира будет цифра 30, что соответствует выдержке времени, равной 30 с.

Таким образом, чтобы настроить реле на требуемую выдержку времени, нужно отпустить зажимную гайку 13 и повернуть диск 9 так, чтобы против визира стояла цифра шкалы на диске, соответствующая выбранной выдержке в секундах.

По истечении времени выдержки водильце 6 подходит к контактам 11 и, нажимая на пластину замыкающего контакта, замыкает его, а нормально-замкнутый контакт, через который происходит питание

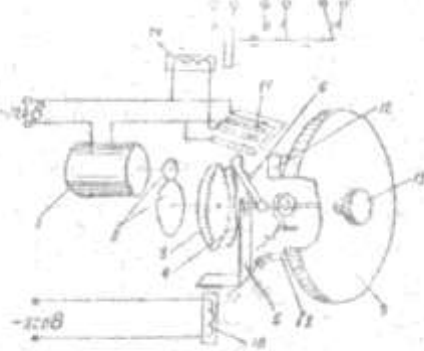


Рис. УП-3. Устройство реле времени типа Е-52

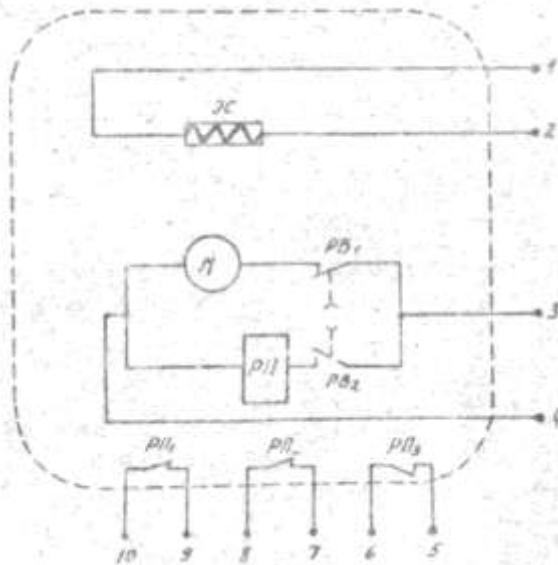


Рис. УП-4. Схема выходов элементов реле времени Е-51 на клеммы ОС - электросцепление; М - электромотор; РВ₁ и РВ₂ - контакты реле времени, управляемые водильцем; РП - катушка промежуточного реле; РП₁, РП₂, РП₃ - контакты промежуточного реле, являющиеся выходными контактами реле времени электромотора 4, размыкает, прекращая тем самым работу реле.

Замкнувшийся при этом замыкающий контакт, включает промежуточное реле 14 (РП-100), три пары контактов 15 которого являются выходными контактами реле времени, т.е. они могут быть включены в цепи, которые требуется включить или выключать с заданной выдержкой времени. Один из них нормально замкнут, а два других нормально разомкнуты.

На рис. УП-4 показана схема выводов элементов реле К-52 на клеммы для включения в схему.

Задание

1. Изучить схему автоматического и дистанционного управления технологической установкой.
2. Изучить принцип действия и устройство реле времени (типа В-52).

3. Настроить реле времени на программный пуск и остановку технологической установки так, чтобы ее аппараты (кроме буккера о питателем) по окончании работы освободились от материала.

Методика проведения лабораторной работы

При выполнении работы, необходимо:

1. Изучить устройство и работу реле времени Е-52.
2. Изучить принципиальную электрическую схему программного управления технологической установкой.
3. Определить на стенде все устройства, изображенные на принципиальной схеме управления (рис. УП-2) в смонтированном виде,
4. Опробовать ручное управление установкой, проверить работу автоблокировки,
5. Осуществить пуск и остановку технологической установки с помощью автоматического управления при различных настройках реле времени.

Лабораторную работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с устройством и работой реле времени В-52.
2. Изучить принципиальную электрическую схему программного управления установкой.
3. Осуществить программное и ручное управление агрегатами технологической установки.