

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Утверждено
научно-методическим советом университета

Кожевников Владимир Павлович

**ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**
дисциплины

**ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

направление подготовки:

13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация
Магистр

Форма обучения
**очной, заочной и заочной с применением
дистанционных технологий**

Институт Энергетический

Кафедра Энергетики теплотехнологии

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа № 1 автоматическое регулирование верхнего и нижнего уровня воды в баке	5
Лабораторная работа № 2 автоматическое регулирование температуры	12
Лабораторная работа №3 автоматическое двухпозиционное регулирование температуры в холодильной установке	20
Лабораторная работа № 4 экспериментальное определение разгонных и импульсных характеристик муфельной печи	25
Лабораторная работа № 5 автоматическое двухпозиционное регулирование давления	29
ЛИТЕРАТУРА	33

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий сборник включает пять лабораторных работ по курсу «Принципы и методы управления теплотехнологическими процессами».

Цель лабораторных работ – приобретение студентами практических навыков постановки и проведения экспериментальных работ на установках и их обслуживание.

Выполнение лабораторных работ будет способствовать закреплению знаний студентов по основным разделам лекционного курса.

Лабораторные работы выполняются на лабораторных установках кафедры «Энергетики теплотехнологии».

Конструктивные схемы лабораторных стендов, правила их обслуживания, характеристики измерительной аппаратуры приведены в паспортах, имеющихся на каждом стенде. Вначале каждого семестра для студентов, которые будут выполнять лабораторные работы, преподавателем проводится инструктаж по ТБ и ПБ с обязательным заполнением журнала. Студенты, не прошедшие инструктажа по ТБ и ПБ к выполнению лабораторных работ не допускаются.

Выполнение каждой лабораторной работы складывается из 4 этапов:

- 1 – подготовка к лабораторной работе;
- 2 – проверка преподавателем подготовленности студента к лабораторной работе.
- 3 – проведение лабораторной работы с записью результатов;
- 4 – обработка результатов и оформления отчета по проделанной работе. Подготовка к защите.

При подготовке к лабораторной студенты должны:

- ознакомиться с графиком выполнения лабораторной работы;
- изучить материал соответствующих разделов лекционного курса;
- составить план предстоящего эксперимента, который должен содержать цель, описание лабораторной установки, основные

формулы, перечень величин, подлежащих измерению в работе.

Все протоколы наблюдений в конце лабораторного занятия должны быть подписаны преподавателем, подтверждающим факт выполнения работы и достоверность экспериментальных результатов.

Обработка результатов производится в соответствии с указаниями, данными в описании лабораторной работы.

Отчет содержит следующие разделы:

1. постановка задачи и метод ее решения;
2. схема измерений;
3. сводный журнал наблюдений;
4. обработка результатов;
5. графики;
6. анализ полученных зависимостей, выводы.

Защита лабораторной работы производится при предоставлении отчета, оформленного в соответствии с вышеизложенными требованиями.

На защите студент должен показать достаточные теоретические знания, относящиеся к данной лабораторной работе, и понимание физической сущности явлений, изучаемых в лабораторной работе, уметь объяснить проведенные им расчеты, объяснить конструкцию лабораторной установки, схему измерений, объяснить построенные графики и сделать обоснованный и технически грамотный анализ и вывод по проведенной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЕРХНЕГО И НИЖНЕГО УРОВНЯ ВОДЫ В БАКЕ

Целью: изучение некоторых приборов измерения и регулирования уровня для закрепления студентами навыков по дисциплине «Принципы и методы управления теплотехнологическими процессами».

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Контроль за уровнем заполнения различных аппаратов жидкостью имеет большое значение в технике, особенно при обслуживании агрегатов с непрерывной подачей и отбором вещества. К таким объектам относятся барабанные паровые котлы, деаэраторы, конденсаторы турбин и другие теплообменники. Уровень воды в таких аппаратах должен поддерживаться в заданных пределах, а нарушение баланса между приходом и расходом контролируемого вещества приводит к отклонению уровня за допустимые пределы в течение очень короткого времени.

Важное значение имеет также определение предельно допустимых положений уровня (высшего и низшего) для подачи сигнала или приведения в действие устройств технологической защиты. По предельным уровням (без измерения промежуточных значений) автоматизируется откачка воды из дренажных баков или прямиков насосных и других помещений, не имеющих постоянных дежурных.

Для измерения уровня жидкостей используются следующие устройства:

- механические, использующие для измерения уровня поплавки или другое тело, находящееся на поверхности жидкости;
- гидростатические, использующие для измерения уровня сообщающиеся сосуды со средами одинаковой или различной плотности по сравнению с измеряемой средой;
- манометрические, построенные на принципе измерения разности гидростатических давлений в измеряемой и в сравнительной (эталонной) емкости с помощью дифференциальных манометров;
- пневматические, построенные на принципе измерения давления

воздуха (или иных газов), вдуваемого под слой жидкости;

- радиоизотопные, построенные на принципах использования интенсивности потока ядерных излучений, зависящих от уровня жидкости;
- емкостные, использующие для измерения уровня электрические емкости, величина которых зависит от уровня жидкости.

В данной работе используется емкостной уровнемер. **Емкостными** называются уровнемеры, основанные на зависимости электрической емкости конденсаторного преобразователя, образованного одним или несколькими стержнями, цилиндрами или пластинами. Частично введенными в жидкость, от уровня жидкости.

Конструкция конденсаторных преобразователей различна для электропроводных и неэлектропроводных жидкостей. Электропроводными считаются жидкости имеющие удельное сопротивление $\rho < 10^6$ Ом·м и диэлектрическую проницаемость $\epsilon_{жс} \geq 7$. различие преобразователей состоит в том, что один из электродов уровнемеров для электропроводных жидкостей покрыт изоляционным слоем, электроды преобразователей для неэлектропроводных жидкостей не изолированы. Электроды могут быть в виде плоских пластин, стержней; в качестве электроды может использоваться металлическая стенка сосуда. Часто применяются металлические электроды, обладающие по сравнению с другими формами электродов хорошей технологичностью, лучшей помехоустойчивостью и обеспечивающие большую жесткость конструкции.

На рис. 1.1, а изображен конденсаторный преобразователь для неэлектропроводных жидкостей, состоящий из двух коаксиально расположенных электродов 1 и 2, помещенных в резервуар 3, в котором производится измерение уровня.

Взаимное расположение электродов зафиксировано проходным изолятором 4. электроды образуют цилиндрический конденсатор, часть межэлектродного пространства которого высотой h заполнена контролируемой жидкостью, оставшаяся часть высотой $H-h$ – ее парами.

В общем виде емкость электрического конденсатора определяется выражением:

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 H}{\ln(d_2 / d_1)}, \quad (1.1)$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – диэлектрическая проницаемость вакуума;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего межэлектродное пространство;

H – высота электродов;

d_1, d_2 – диаметры соответственно внутреннего и наружного электродов.

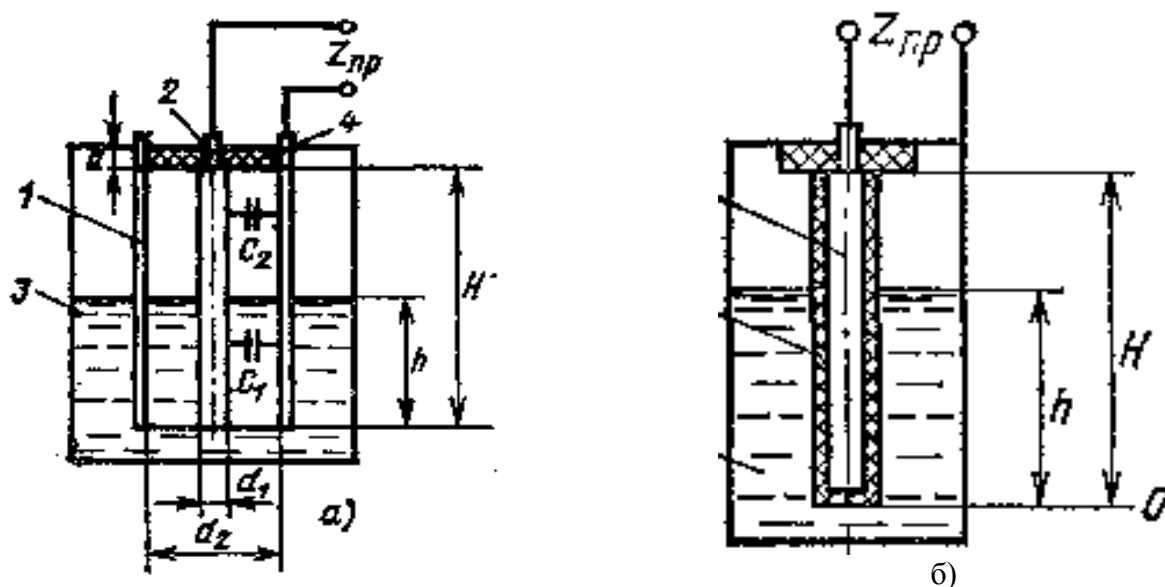


Рисунок 1.1

На рис. 1.1, б изображена схема конденсаторного преобразователя для электропроводных жидкостей. Преобразователь выполнен в виде стержня 1, покрытого слоем изоляции и погруженного в металлический резервуар 3.

Емкостные уровнемеры нашли широкое распространение из-за дешевизны, простоты обслуживания, удобства монтажа первичного преобразователя на резервуаре, отсутствия подвижных элементов, возможности использования в достаточно широком интервале температур (от криогенных до $+ 200$ °С) и давлений (до 6 МПа). К числу их недостатков следует отнести непригодность для измерения уровня вязких (динамическая вязкость более 1 Па·с), пленкообразующих, кристаллизующихся и выпадающих в осадок жидкостей. А также высокую чувствительность к изменению электрических свойств жидкости и изменению емкости кабеля, соединяющего первичный преобразователь с измерительным прибором.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 1.2. Объектом исследования является бак 1, заполняемый водой.

Подача воды в бак производится непосредственно из водопровода через электромагнитный клапан 2.

Уровень в баке контролируется с помощью следующих приборов:

- емкостного измерителя уровня;
- уровнемерной трубки 3.

Емкостной уровнемер состоит из электронного измерителя уровня типа ЭСУ-4 и емкостных датчиков уровня 4.

Трехпозиционное регулирование уровня воды в баке осуществляется с помощью электронного сигнализатора уровня типа ЭСУ-4 и реле МКУ-48, соединенных в схему трехпозиционного регулятора уровня. Кроме того, приборы ЭСУ сигнализируют о положении уровня для трех его значений.

Все контрольно-измерительные приборы включены в сеть переменного тока напряжением 220 в. Электромагнитный клапан работает при включении.

Емкостные датчики уровня соединяются со своими приборами с помощью двухпроводных линий связи.

Электрическая схема установки предусматривает дистанционное, автоматическое управление электромагнитным клапаном ЭМК на линии подачи воды в бак.

При дистанционном управлении исполнительные схемы включаются вручную. Для перевода схемы на дистанционное управление переключатель П (рисунок 1.3) становится в положение Д. при включении тумблера клапан получает питание непосредственно от сети, минуя схему автоматики.

При установке переключателя П в положение А включается схема трехпозиционного автоматического регулирования уровня в баке. Пределы регулирования уровня определены положением датчиков емкостных сигнализаторов уровня. При пустом баке при установке переключателя в положение А срабатывает реле Р и замыкает свои контакты P_1 и P_2 . Электромагнитный клапан ЭМК получает питание, бак начинает заполняться водой. При достижении уровнем верхнего электрода загорается сигнальная лампочка и разомкнется нормально замкнутый контакт В, реле Р обесточится и разорвет цепь питания клапана. Подача воды в бак прекратится.

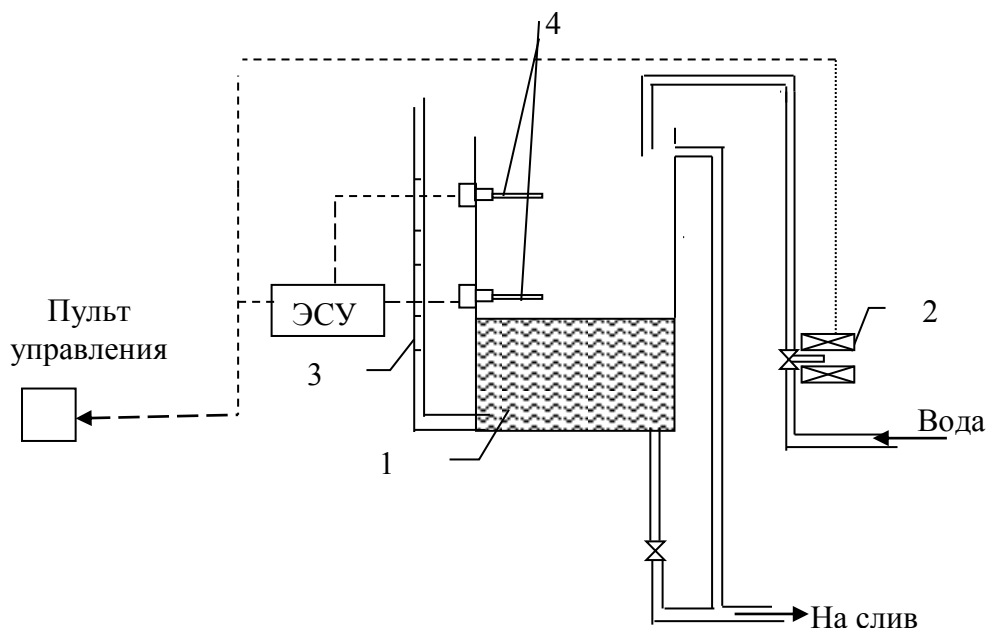


Рисунок 1.2 Принципиальная схема установки регулирования уровня

В процессе регулирования при наличии слива уровень в баке начинается понижаться, гаснет сигнальная лампочка и замыкается контакт В. Затем, когда уровень достигнет своего нижнего значения, замкнется контакт Н; реле Р, а вместе с ним и клапан ЭМК получит питание. Бак начинает наполняться. Поскольку расход воды на сливе меньше притока, уровень в баке снова достигнет своего верхнего значения, клапан отключится и весь процесс регулирования повторится. Таким образом, схема автоматики будет поддерживать уровень в баке между двумя пределами – верхним и нижним, при наличии расхода в баке.

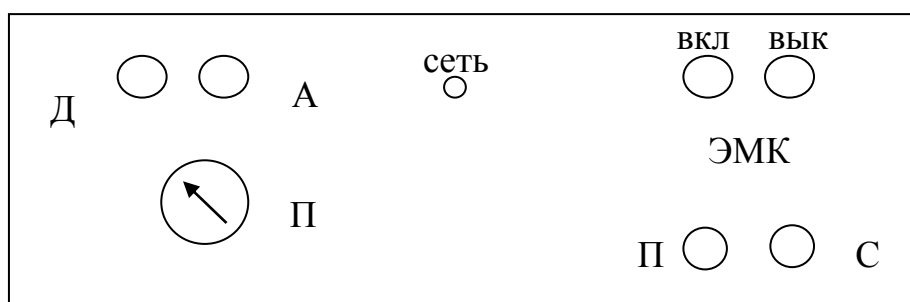


Рисунок 1.3 Пульт управления регулятора уровня

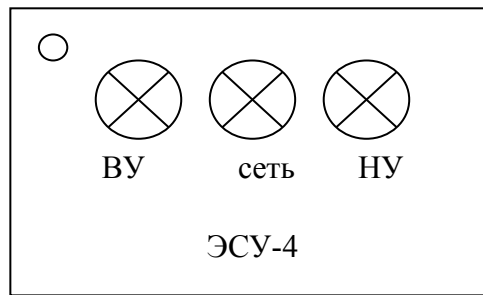


Рисунок 1.4 Лицевая панель ЭСУ - 4

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Переключатель П ставится в положение А, открывается сливной патрубков.
2. С помощью секундомера зафиксировать изменения уровня во времени и занести в данные в таблицу 1.1. Показания снимать через каждую минуту, начиная с момента достижения уровнем нижнего датчика.

Таблица 1.1

$t, \text{ с}$									
$h, \text{ м}$									

3. По данным таблицы 1.1 строится график регулирования уровня. По графику определить:
 - 1) амплитуду колебания уровня;
 - 2) период колебания уровня T ;
 - 3) точность регулирования в процентах от заданного уровня по формуле:

$$a = \frac{A}{h_{\text{зад}}} \cdot 100\% = \frac{h_{\text{мак}} - h_{\text{мин}}}{h_{\text{зад}}},$$

где $h_{\text{мак}}, h_{\text{мин}}$ – соответственно максимальное и минимальное значение уровня, см;

$h_{\text{зад}}$ – заданное значение уровня, см.

Точность поддержания уровня зависит от величины установленных нейтральной зоны $h_{\text{мак}} - h_{\text{мин}}$; при больших проходных сечениях клапанов и малых постоянных времени

регулирования колебаний выходят за пределы нейтральной зоны.

- 4) колебательность переходного процесса;
 - 5) степень затухания переходного процесса;
 - 6) время достижения первого максимума.
4. Сделайте вывод об устойчивости данной системы автоматического регулирования уровня.

4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы составляют отчет, включающий следующее:

1. краткое содержание работы;
2. принципиальную схему лабораторной установки;
3. кривую регулирования уровня и ее характеристики;
4. вывод.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Назначение приборов для измерения уровня.
2. На какие разновидности можно подразделить устройства для измерения уровня жидкости?
3. Для чего предназначен прибор ЭСУ?
4. На каком принципе основано действие емкостного уровнемера?
5. В чем различие между конденсаторными преобразователями для электропроводных жидкостей и для неэлектропроводных жидкостей?
6. Перечислите достоинства емкостных уровнемеров.
7. В чем заключаются недостатки емкостных уровнемеров?
8. Каким образом была построена кривая регулирования уровня?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Целью: изучение некоторых приборов измерения и регулирования температуры для закрепления студентами навыков по дисциплине «Автоматизированные системы управления теплотехнологических процессов и установок».

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Задача автоматического регулирования температуры сводится к поддержанию значения данного параметра в определенных пределах. Такое регулирование называется **двухпозиционным**, когда регулируемая переменная поддерживается в пределах двух позиций. Подобный вид автоматического регулирования температуры поддерживается с помощью милливольтметра.

Милливольтметр типа МР-64-02 – пирометрический щитовой профильный прибор с двухпозиционным регулирующим устройством магнитоэлектрической системы класса 1,5 предназначен для измерения и двухпозиционного регулирования температуры, предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности до 80 %.

Принцип измерения температуры милливольтметром в комплекте с термоэлектрическим термометром основан на измерении термоэлектродвижущей силы, возникающей в термоэлектрическом термометре при наличии разности температур между рабочим концом термоэлектрического термометра, спаем из двух разнородных проводников, помещенных в измеряемую среду, и его свободными концами.

Под влиянием термоэдс по цепи будет протекать электрический ток, который, проходя через рамку показывающего прибора, создает магнитное поле. Взаимодействие этого поля с полем постоянного магнита вызывает поворот рамки на угол, пропорциональный термоэдс. Противодействующий момент создается двумя спиральными пружинами, служащими одновременно токоподводами к рамке.

Для компенсации влияния окружающей температуры на показания милливольтметра служит термокомпенсатор,

представляющий собой терморезистор (R_t), имеющий отрицательный температурный коэффициент, зашунтированный манганиновым резистором (R_{17}) (рис. 2.1).

Для подгонки прибора на заданный диапазон измерений служит добавочный резистор (R_{18}), намотанный из манганиновой проволоки.

Контактное устройство состоит из высокочастотного автогенератора с индуктивными обмотками на ферритовых сердечниках и усилителя на трех транзисторах (ПП2-ПП4).

В коллекторную цепь выходного транзистора ПП4 включена обмотка управляющего реле, контакты которого используются для управления объектом регулирования.

Принцип действия контактного устройства основан на срыве и восстановлении генерации при вводе и выводе экрана, жестко укрепленного на указателе прибора, в зазор между контурными катушками автогенератора L_1 и L_2 .

Для обеспечения заданной температуры на объекте указатель контактного устройства устанавливается на отметку шкалы. Жестко связанный с указателем датчик занимает положение, обусловленное местонахождением указателя. При температуре ниже заданной указателем, датчик-автогенератор генерирует высокочастотные колебания.

Ток через обмотку управляющего реле увеличивается, его нормальные открытые контакты, используемые для управления объектом, закрывается - реле срабатывает. Контакты реле соединены с цепью промежуточного реле или непосредственно с управляемым объектом.

При достижении на объекте заданной температуры, указатель прибора установится против указателя контактного устройства: экран, установленный на указателе прибора, входит в зазор между контурными катушками автогенератора L_1 и L_2 генерация срывается.

При понижении температуры весь процесс регулирования повторяется в обратном процессе.

Исполнительное реле воздействует на объект, температуру которого регулируют путем включения нагревательных элементов или их отключения.

Таким образом, двухпозиционное контактное устройство работает по принципу «включено- выключено».

Милливольтметр выполнен в плоскопрофильном металлическом корпусе и предназначен для утопленного монтажа.

Измерительный механизм - с внутрирамочной магнитной системой, подвижной рамкой, с опорами на кернах и пружинных подпятниках.

Измерительный механизм, терморезистор, шунт к нему, трансформатор и все элементы схемы регулирования закреплены на плате.

Крышка прибора выполнена из алюминиевого сплава и крепится к плате 4 винтами.

Контакты утоплены на задней колодке прибора.

Под шильдиком со схемой электрической соединений прибора, на задней колодке, расположена катушка для подгонки прибора на заданный предел измерений.

Переводной механизм состоит из оси со шнуром, рычага со стойкой для укрепления шнура и ролика. На рычаге установлен электронный датчик и жестко закреплен указатель контактного устройства в виде стрелки.

Для перемещения рычага на лицевую сторону выведена ось со шлицем.

На электронном датчике укреплен упор, который ограничивает перемещение указателя показывающего прибора вправо так, что при достижении указателем этого упора состояние датчика не изменяется.

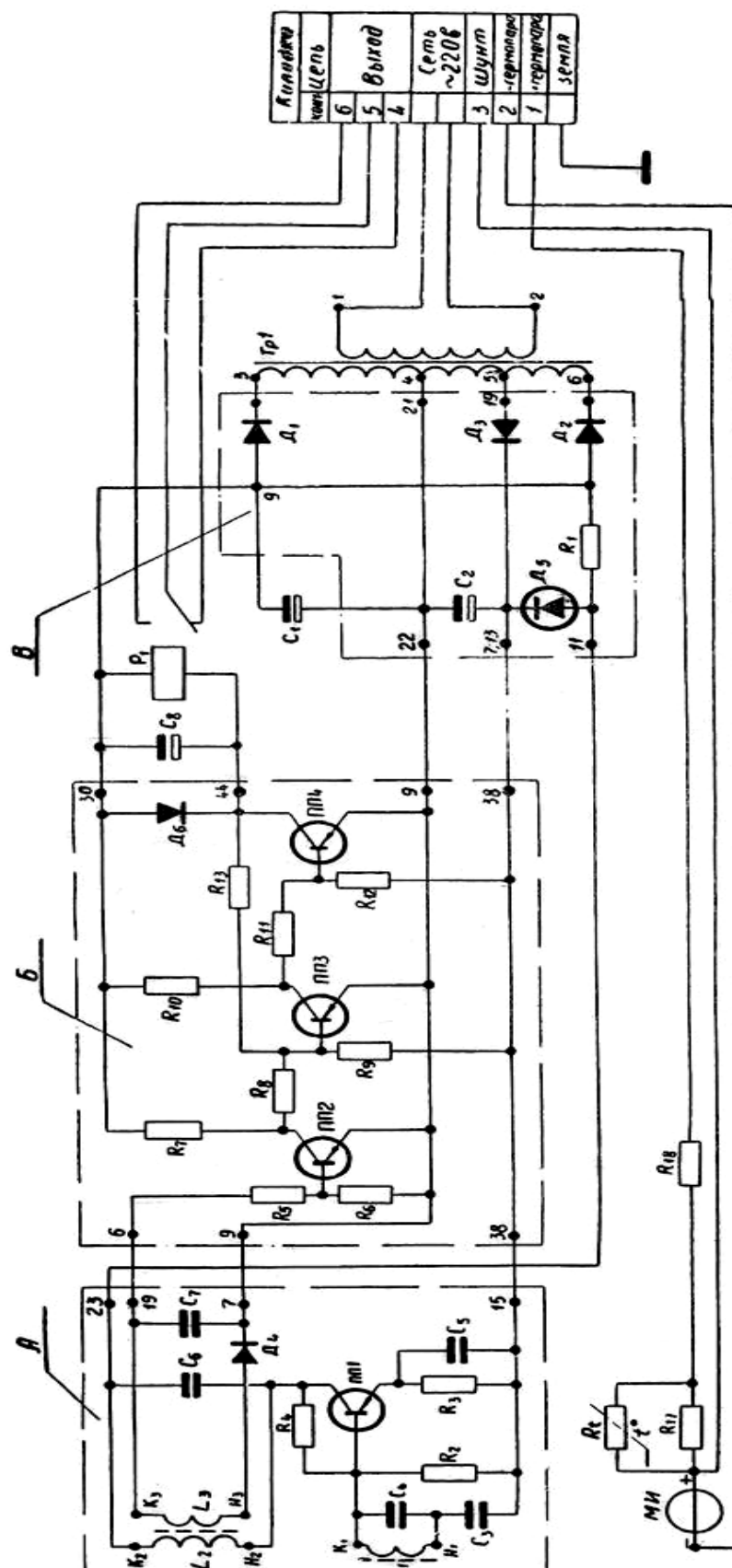


Рисунок 2.1 Схема электрическая принципиальная
милливольтметра МР-64-02

А – элемент, Г₁; Б – элемент, У₁; В – элемент, -В

При транспортировке прибора этот упор выполняет роль арретира подвижной части, для чего необходимо его вместе с указателем контактного устройства переместить в начало шкалы.

Указатель прибора выполнен из профилированной фольги.

На стержне указателя укреплен легкий флажок, который при перемещении указателя проходит между катушками датчика. Смотровое стекло прибора наклонено по отношению к щиту, что позволяет избежать появления бликов.

Шкала прибора отградуирована непосредственно в $^{\circ}\text{C}$.

Милливольтметр типа Ш4501 – щитовой прибор с двухпозиционным регулирующим устройством магнитоэлектрической системы класса 1,5 предназначен для измерения и двухпозиционного регулирования температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями. Данный милливольтметр рассчитан для работы при температуре окружающего воздуха от 5 до 50 $^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80 % при 35 $^{\circ}\text{C}$.

1. В милливольтметр входят измерительный механизм, устройство компенсации температуры свободных концов термоэлектрического преобразователя, устройство сигнализации обрыва цепи термоэлектрического преобразователя и регулирующая часть.
2. Измерительный механизм милливольтметра магнитоэлектрической системы с подвижной частью на кернах.

Для повышения точности измерения и регулирования температуры в милливольтметрах номинальных статических характеристик преобразования ХК₆₅, ХА₆₈, ПП₆₈ используется устройство, вносящее поправку на величину температуры свободных концов термоэлектрического преобразователя, представляющее собой мостовую схему, медный резистор, который вынесен наружу милливольтметра на заднюю колодку и подключен к контактам «5» и «6».

3. В схему регулирования входят блок питания У2 и автогенератора- усилитель У1, укрепленный на рычаге указателя регулирующего устройства.

Принцип действия регулирующего устройства основан на восстановлении генерации при вводе и выводе экрана, жестко укрепленного на указателе измерительного прибора, в зазор между контурными катушками автогенератора L_1 и L_2 .

Для обеспечения заданной температуры на объекте, указатель регулирующего устройства устанавливается на соответствующую отметку шкалы. Жестко связанный с указателем датчик занимает положение, обусловленное местонахождением указателя. При температуре ниже заданной указателем, датчик-автогенератор генерирует высокочастотные колебания, которые поступают на усилитель релейного типа, выполненный на транзисторах VT1-VT3. Транзистор VT3 открывается и на контактах A1, A2 выдает сигнал постоянного тока $12\text{В} \pm 10\%$, при сопротивлении нагрузки 62 Ом ток нагрузки составляет $180\text{ мА} \pm 10\%$.

При достижении на объекте заданной температуры указатель показывающего прибора входит в зазор между катушками автогенератора L_1 и L_2 и генерация срывается, при этом транзистор VT3 закрывается.

Ток нагрузки уменьшается до нуля.

4. Надежность работы системы регулирования повышается устройством сигнализации обрыва цепи термоэлектрического преобразователя, предохраняющий тепловой объект от перегрева и выхода из строя при обрыве цепи термоэлектрического преобразователя.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 2.2.

Объектом регулирования является муфельная печь 1. Сушильный шкаф имеет нагревательный элемент 4, мощность которого регулируется реостатом 2. Напряжение и сила тока в цепи нагревательного элемента измеряется с помощью вольтметра 5 и амперметра 6. Температура в сушильном шкафу измеряется термопарой 3. Регулирование температуры осуществляется с помощью регулятора температуры 7, в качестве которого используется милливольтметр типа МР-64-02 либо милливольтметр типа Ш-4501

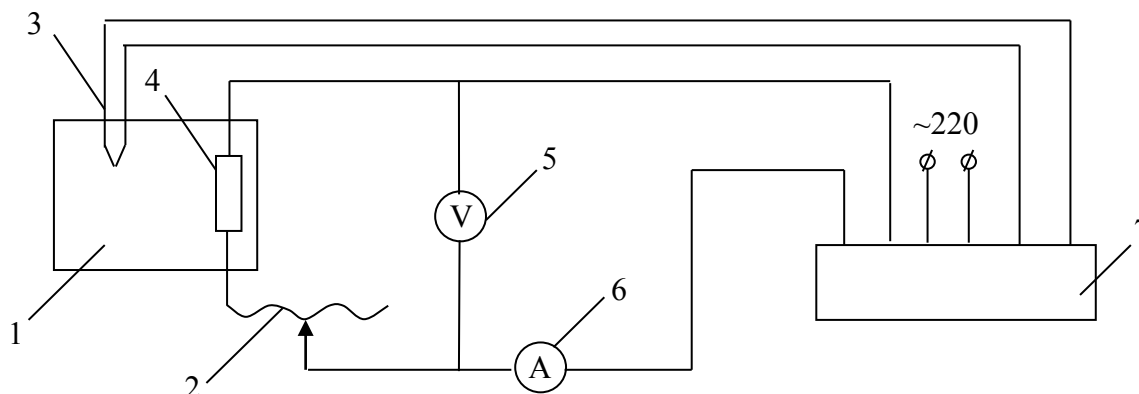


Рисунок 2.2

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством лабораторной установки.
2. Включить тумблер нагрева муфельной печи.
3. Установить ручку реостата в положение 2.
4. Зафиксировать время срабатывания регулятора температуры и занести данные в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Заданная температура отключения t_z , °C	Показания температуры		Погрешность		Разность температур $D = t_{откл} - t_{вкл}$, °C
	$t_{откл}$, °C	$t_{вкл}$, °C	Δt , °C	ε_t , %	

5. Записать в таблицу величины трех-четырех включений и отключений терморегулятора и для каждого значения подсчитать абсолютную и относительную погрешность.
6. Определить разницу D между температурой отключения и включения терморегулятора (размыкания и замыкания контактов терморегулятора).

4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы составляют отчет, включающий следующее:

1. краткое содержание работы;

2. принципиальную схему лабораторной установки;
3. необходимые таблицы и графики;
4. вывод.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается двухпозиционное регулирование?
2. С помощью каких приборов осуществляется данный вид регулирования в данной лабораторной работе?
3. Устройство и принцип действия милливольтметра.
4. Как осуществляется регулирование с помощью милливольтметра МР-64-02?
5. С какой целью в милливольтметре Ш4501 используется устройство, вносящее поправку на величину температуры свободных концов термоэлектрического преобразователя?
6. За счет чего повышается надежность работы системы регулирования?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДВУХПОЗИЦИОННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Целью: изучение некоторых приборов измерения и регулирования температуры для закрепления студентами навыков по дисциплине «Автоматизированные системы управления теплотехнологических процессов и установок», ознакомление с датчиком-реле температуры.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Задача автоматического регулирования температуры сводится к поддержанию значения данного параметра в определенных пределах. Такое регулирование называется **двухпозиционным**, когда регулируемая переменная поддерживается в пределах двух позиций. Подобный вид автоматического регулирования температуры поддерживается с помощью датчика-реле температуры ТР-ОМ5.

Датчик-реле температуры ТР-ОМ5 предназначен для автоматического двухпозиционного регулирования температуры путем замыкания и размыкания контактов электрической цепи при изменении температуры контролируемой среды выше или ниже заданных настройкой пределов.

Контролируемые среды: хладоны, воздух, вода, рассол, масла и другие, не агрессивные к стали, латуни и свинцово-оловянистым припоям.

Прибор работоспособен в интервале температур окружающего воздуха от -40 до $+65$ °С, относительной влажности до 80 % и в интервале барометрических давлений окружающего воздуха от 74 кПа до 113 кПа

Прибор состоит из следующих основных частей: термочувствительной системы, узла настройки диапазона и зоны нечувствительности, передаточного механизма, переключателя, демпфера, штуцера и клеммной колодки.

Принцип действия прибора основан на использовании зависимости давления наполнителя термочувствительной системы от температуры контролируемой среды и уравнивании силы,

создаваемой этим давлением на дно сильфона, силами упругих деформаций сильфона и пружины.

Изменение температуры контролируемой среды, окружающей термобаллон, воспринимается наполнителем и преобразуется в изменение давления, которое, нарушая равновесие сил, воздействует через сильфон на рычажный механизм и контактную группу, производя переключение контактов прибора.

Термочувствительная система прибора присоединяется к корпусу винтами и состоит из термобаллона 9 (рис 3.1), соединительного капилляра 12, узла сильфона 13 и наполнителя.

Для крепления гладкого термобаллона на месте установки термосистемы прибор снабжен штуцером 10, уплотнительной гайкой 11 и уплотнителем.

Узел настройки диапазона состоит из пружины сжатия 18, пробки с индексом 19 и винта настройки 23.

Индекс 19 показывает по шкале диапазона 20 заданное значение контролируемой температуры. Степень сжатия пружины 18 определяет величину контролируемой температуры.

Узел настройки зоны нечувствительности (только для исполнений ТР-ОМ5-00-04) состоит из пружины растяжения 16 с пробкой и индексом 17 и винта настройки 22.

С помощью винта 22 производится настройка зоны нечувствительности, значение которой можно ориентировочно оценить по положению индекса на шкале 21.

Величина зоны нечувствительности определяется степенью растяжения пружины 16.

Передаточный механизм прибора включает в себя шток 14 и закрепленный на оси 6 угловой рычаг 3, состоящий из двух рычагов – горизонтального и вертикального, взаимное положение которых регулируется на заводе-изготовителе с помощью винта 4 и пружины 5.

Переключатель 2 состоит из рычага 31, пружины 29, вилки 30, контактной пружины с контактом 28, двух неподвижных контактов 26 и 27.

Демпфер представляет собой рычаг 25 с грузом 24 на конце, шарнирно связанный с рычагом 3 передаточного механизма. Введение демпфера в прибор обеспечивает устойчивую работу при механических нагрузках.

Подсоединение электрического кабеля к прибору осуществляется через штуцер 8 к трем клеммным штырькам с

резьбой М4. Нумерация штырьков указана на корпуса колодки.

Механизм прибора смонтирован в корпусе 1.

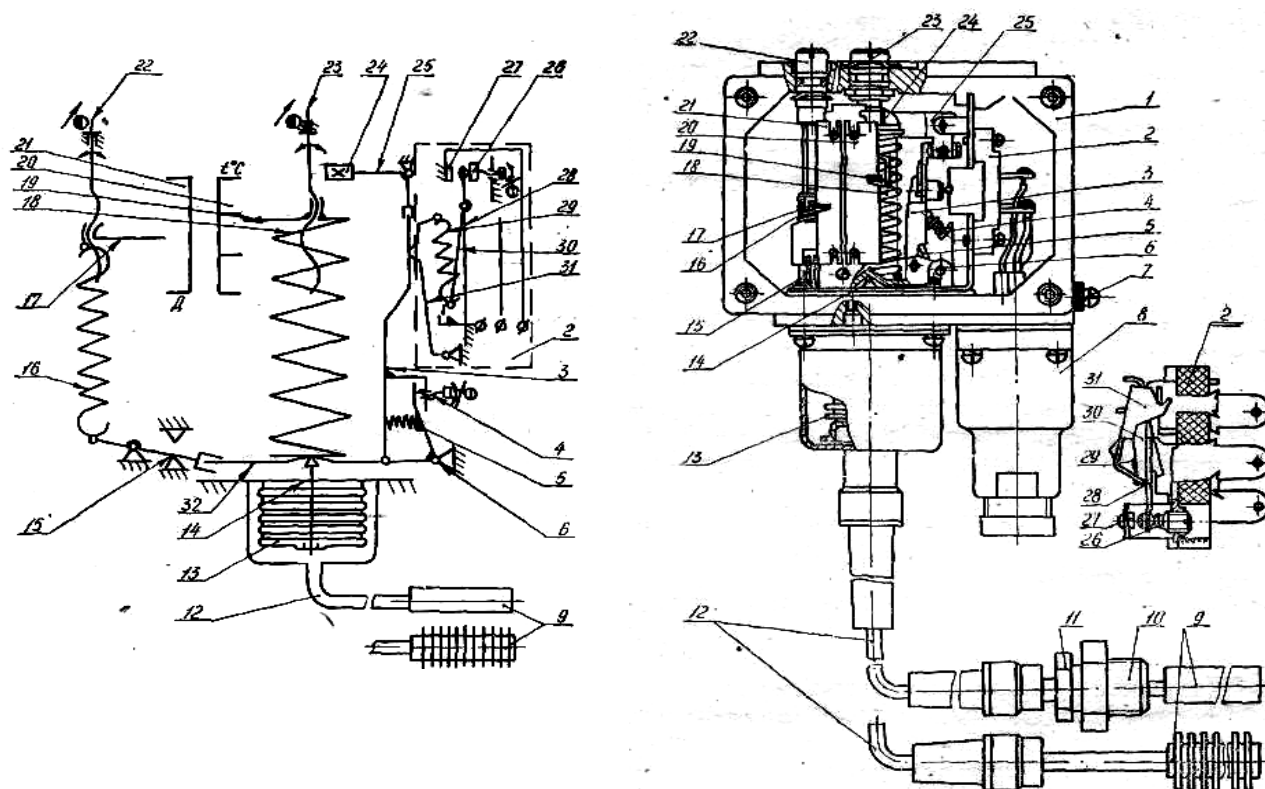


Рисунок 3.1

Во время работы прибора температуре среды, окружающей термобаллон, соответствует определенное давление наполнителя внутри системы. Когда температура контролируемой среды ниже, чем уставка прибора, на систему рычагов 3 и 32 воздействует усилие пружины диапазона 18 с одной стороны и усилие давления наполнителя на дно сильфона 13 – с другой стороны. При повышении температуры контролируемой среды увеличивается давление наполнителя термосистемы, что приводит к нарушению равновесия усилий, и дно сильфона начинает перемещаться вверх. Это движение передается через шток 14 системе рычагов 3 и 32. при своем движении конец рычага 15 (только в модификациях ТР-ОМ5-00-04), и таким образом происходит включение узла зоны нечувствительности в работу. С этого момента усилию давления наполнителя противодействуют усилия пружин 18 и 16.

Когда температура контролируемой среды превысит уставку прибора на величину зоны нечувствительности, рычаг преодолет усилие переключателя 2, который осуществит резкое переключение контактов.

При понижении температуры контролируемой среды движение

деталей механизма происходит в обратном направлении и, как только температура контролируемой среды станет ниже уставки прибора, происходит переключение контактов в исходное положение.

Для настройки прибора с оцифрованной шкалой на размыкание при понижении температуры контролируемой среды необходимо указатель установить на заданную риску шкалы, а для настройки на размыкание при повышении температуры, указатель установить ниже заданной риски на величину требуемой зоны нечувствительности.

Настройку прибора с информационной шкалой производить с помощью контрольного термометра.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 3.2.

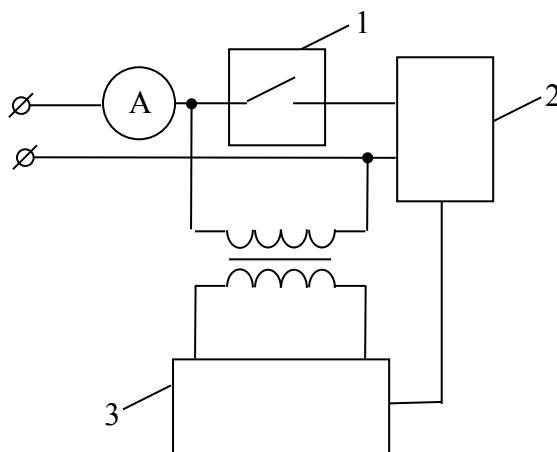


Рисунок 3.2

Объектом регулирования является холодильная установка 1. Контролируемый параметр – температура в холодильной установке. Регулирование осуществляется датчиком-реле температуры 2, параллельно с которым включен контрольный прибор - логометр 3.

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством лабораторной установки.
2. Включить тумблер.
3. Установить указатель датчика-реле в произвольное положение

(по указанию преподавателя).

4. Указатель зоны нечувствительности выставить произвольно.
5. Значение температуры отключения и включения занести в таблицу 3.1.
6. Повторить опыт 3-4 раза при одном и том же значении указателя датчика-реле.

Таблица 3.1

Заданная температура отключения $t_z, ^\circ\text{C}$	Показания температуры		Погрешность		Разность температур $D = t_{\text{откл}} - t_{\text{вкл}}, ^\circ\text{C}$
	$t_{\text{откл}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{вкл}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varepsilon_t, \%$	

7. Для каждого значения подсчитать абсолютную и относительную погрешность.
8. Определить разницу D между температурой отключения и включения терморегулятора (размыкания и замыкания контактов терморегулятора).

4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы составляют отчет, включающий следующее:

1. краткое содержание работы;
2. принципиальную схему лабораторной установки;
3. необходимые таблицы и графики;
4. вывод.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается двухпозиционное регулирование?
2. С помощью каких приборов осуществляется данный вид регулирования в данной лабораторной работе?
3. Устройство и принцип действия датчика – реле температуры ТР-ОМ5.
4. Как осуществляется настройка приборов с оцифрованной шкалой?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗГОННЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МУФЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Цель: ознакомление с экспериментальными методами определения динамических характеристик промышленных объектов регулирования.

1 Теоретические сведения

Определение динамических характеристик объекта регулирования играет важную роль при выборе и настройке регулятора.

Существуют следующие методы исследования промышленных объектов:

1. Метод переходных (временных) характеристик и кривых разгона.
2. Метод импульсных возмущений (метод прямоугольного импульса и прямоугольного волнового).
3. Частотный метод.
4. Метод прямоугольной волны.
5. Статистический метод.

Наиболее широко применяются методы переходных характеристик и частотный.

Под **переходной характеристикой** объекта регулирования понимают изменение во времени регулируемого параметра вследствие мгновенной перестановки регулирующего органа из одного положения в другое при условии, что объект до приложения воздействия находился в установившемся состоянии.

Наибольший интерес представляет переходная характеристика, в которой значение регулируемого параметра на всем протяжении переходного процесса остается близким к его значению в условиях нормальной работы регулятора.

Переходную характеристику снимают следующим образом. Вводят объект в установившееся состояние, близкое к нормальному. После стабилизации регулируемого параметра быстрой перестановкой регулирующего органа создают ступенчатое воздействие. Величину этого возмущения выбирают такой, чтобы она была больше случайных контролируемых воздействий и в то же время укладывалась в зоне линейности

статической характеристики объекта. Изменение регулируемого параметра регистрируется измерительным прибором до тех пор, пока не будет достигнуто новое установившееся состояние. На основании этих же результатов строят график переходной характеристики объекта (кривую разгона). За начало отсчета времени принимают момент перестановки регулирующего органа.

Несмотря на большое разнообразие динамических свойств промышленных объектов их переходные характеристики в большинстве случаев имеют вид, показанный на рисунке 4.1, где $x_{вх}(\tau)$ – ступенчатое воздействие, $x_{вых}(\tau)$ – реакция.

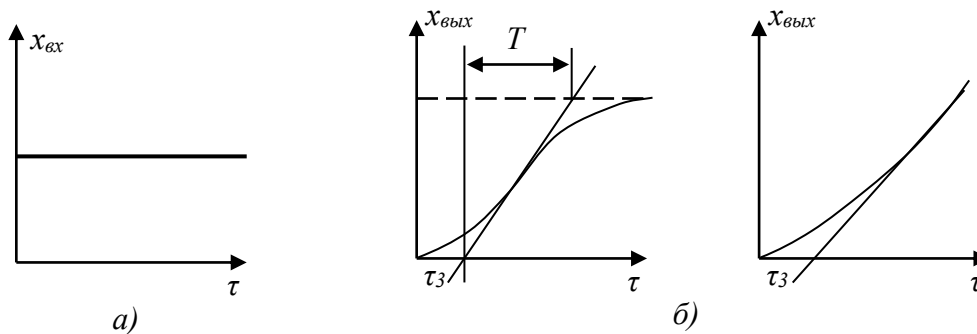


Рисунок 4.1

В начальной части переходной характеристики $x_{вых}(\tau)$ скорость изменения регулируемого параметра мала и отклонением можно пренебречь. Поэтому считают, что переходный процесс начинается с некоторым запаздыванием по отношению к моменту внесения возмущения. На рисунке 4.2 представлены типовые возмущения: ступенчатое возмущение, прямоугольный импульс, прямоугольный волновой импульс, гармоническое колебание, «прямоугольная волна».

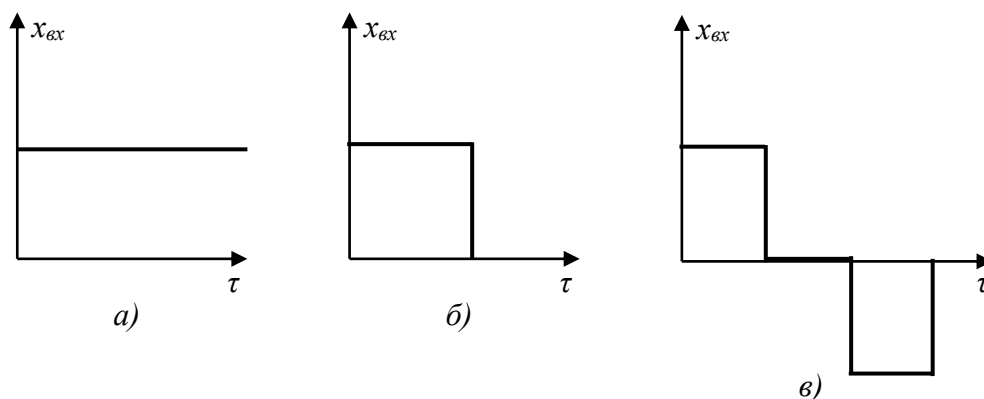


Рисунок 4.2

Иногда по технологическим условиям нельзя осуществить рассмотренный переходный процесс, так как объект длительное время должен находиться в ненормальных условиях работы. В таких случаях предпочтительнее применять метод импульсных возмущений с использованием прямоугольного или прямоугольно-волнового импульсов. Возмущение создается соответствующей перестановкой регулирующего органа после того, как объект достигнет установившегося состояния. Длительность импульса $\Delta\tau$ и амплитуду A подбирают таким образом, чтобы величина максимального отклонения регулируемого параметра не выходила за допустимые пределы. Изменение во времени регулируемого параметра $x_{вых}(\tau)$ при импульсном возмущении называется **импульсной переходной характеристикой**. Импульсная переходная характеристика может быть получена наложением обычных переходных характеристик (рис. 4.3): а) для прямоугольного импульса; б) для прямоугольного волнового импульса, где $x_{вх}(\tau)$ – возмущение, $x_{вых}(\tau)$ – реакция.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 4.4.

Объектом регулирования является муфельная печь 1. Сушильный шкаф имеет нагревательный элемент 4, мощность которого регулируется реостатом 2. Напряжение и сила тока в цепи нагревательного элемента измеряется с помощью вольтметра 5 и амперметра 6. Температура в сушильном шкафу измеряется термопарой 3. Регулирование температуры осуществляется с помощью регулятора температуры 7, в качестве которого используется милливольтметр типа МР-64-02 либо милливольтметр типа Ш-4501.

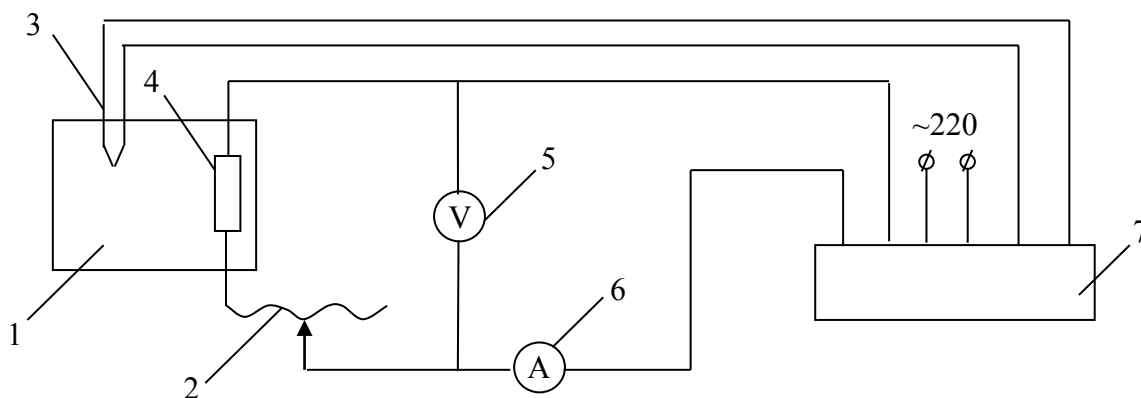


Рисунок 4.4

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством лабораторной установки.
2. Включить тумблер нагрева муфельной печи.
3. Установить ручку реостата в положение 1 и включить секундомер.
4. Через каждые 5 минут снимать показания логометра и занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

$t, ^\circ\text{C}$																			
$\tau, \text{мин}$																			

5. Перевести ручку реостата в положение 2, зафиксировать время перевода и следить за показаниями логометра.
6. Показания логометра также занести в таблицу 4.1.
7. По полученным данным построить кривую разгона и переходного процесса.
8. По характеру кривой сделать вывод о виде переходного процесса и о том, к какому типовому динамическому звену относится данный тепловой объект.

4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы составляют отчет, включающий следующее:

- а. краткое содержание работы;
- б. принципиальную схему лабораторной установки;
- с. необходимые таблицы и графики;
- д. вывод.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С помощью каких приборов осуществляется регулирование в данной лабораторной работе?
2. Устройство и принцип действия милливольтметра.
3. Как осуществляется регулирование с помощью милливольтметра МР-64-02?
4. Какие существуют методы исследования промышленных объектов?
5. Что называется переходной характеристикой?
6. В чем различие между переходной характеристикой и кривой разгона?
7. Какие графики переходных характеристик вы знаете?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДВУХПОЗИЦИОННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Цель: ознакомиться с конструкцией и принципом действия электроконтактного манометра ВЭ-16Рб.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В оборудовании предприятий торговли и общественного питания для регулирования давления широкое применение нашли электроконтактные манометры. Кроме основного назначения – регулирования давления – электроконтактные манометры применяются для косвенного регулирования в пищеварочных котлах теплового режима в пароводяной рубашке.

Электроконтактный манометр имеет ту же конструкцию (рис. 5.1), что и электроконтактный термометр, но в отличие от последнего у него отсутствуют чувствительный баллон и капиллярная трубка. Электроконтактный манометр измеряет давление не в обособленной системе, а непосредственно в объеме с рабочей средой.

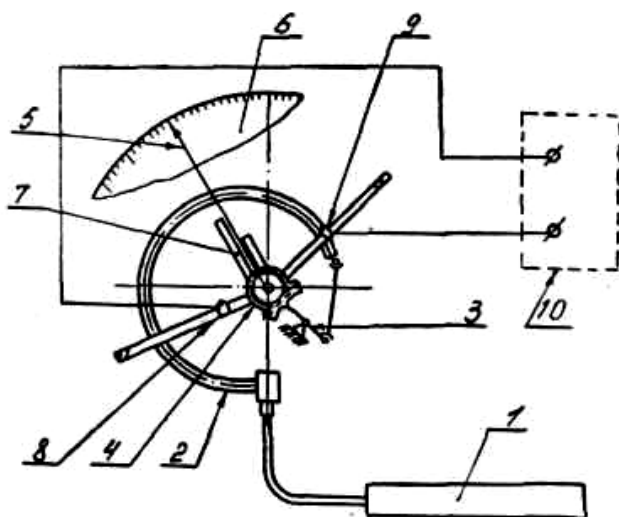


Рисунок 5.1

- 1 – объем с рабочей средой; 2- пружина манометрическая;
3 – сектор; 4 – трибка; 5 – показывающая стрелка; 6 – шкала;
7 – ведущий поводок; 8, 9 – предельные контакты; 10 – выход.

Изменение давления контролируемой среды в объеме 1 воспринимается манометрической трубчатой пружиной 2 через сектор 3 и трибку 4. Пружина 2 перемещает показывающую

стрелку 5 относительно шкалы 6. Вместе с показывающей стрелкой перемещается ведущий поводок 7.

В качестве датчиков электрического сигнала используются два предельных контакта. Один из них 8 выдает сигнал минимального значения, другой 9 – максимального значения давления контролируемой среды.

Связь показывающей стрелки и подвижных поводков осуществляется через спиральные волоски. Такая связь обусловлена тем, что после срабатывания сигнального устройства измеряемое давление может изменяться в том же направлении, которое вызвало появление сигналов, и сигнал при этом не должен исчезать. Это значит, что контакт должен замкнуться, а показывающая стрелка должна следить за изменением параметра.

Электроконтактный манометр с одновитковой трубчатой пружиной предназначен для измерения, сигнализации или двухпозиционного регулирования давления нейтральных, взрывобезопасных жидкостей и газов.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 5.2.

Объектом регулирования является ресивер 1, куда подается воздух с помощью насоса 2. Регулирование давления осуществляется электроконтактным манометром 3. Показания электроконтактного манометра сверяются с показаниями контрольного манометра 4. Вентиль 5 служит для сообщения системы с атмосферой.

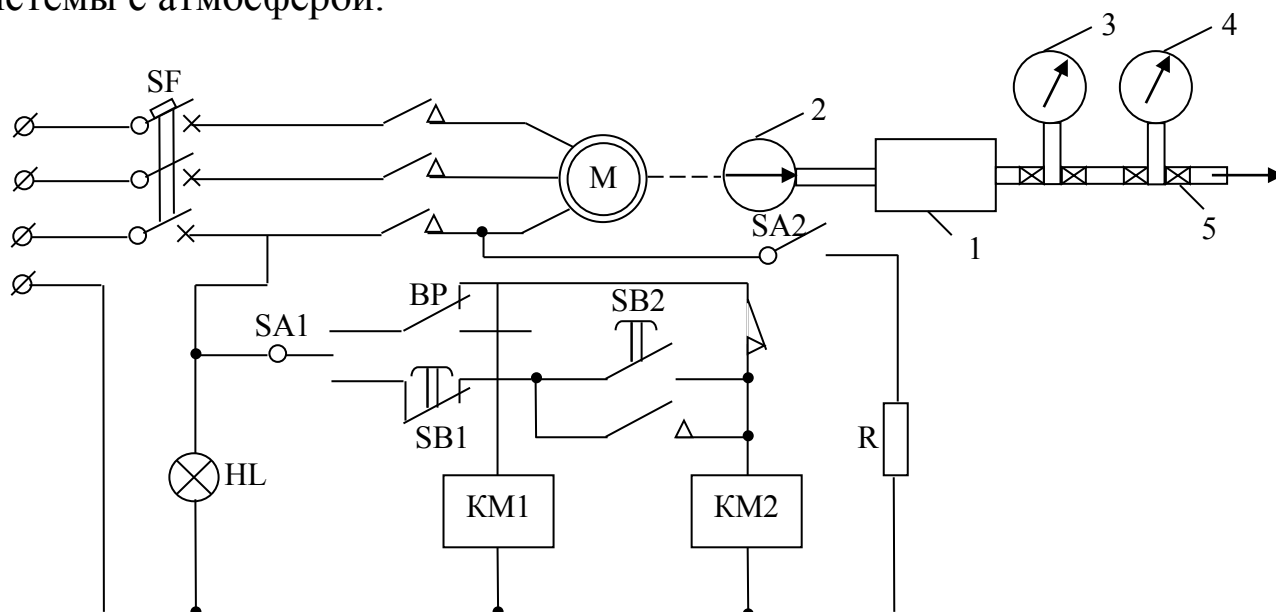


Рисунок 5.2

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством лабораторной установки.
2. Установить на рабочем манометре нижний и верхний предел.
2. Включить тумблер SA1 для перевода схемы с ручного управления на автоматическое, чтобы включить вакуумный насос.
4. Занести в таблицу 5. 1 показания рабочего и контрольного манометров.

Таблица 5.1

N	Уставка манометра, кгс/см ²	Показания манометров, кгс/см ²		Погрешность		Разность D, кгс/см ²	Область срабатывания S, кгс/см ²
		рабочего	контрольного	Δp , °C	ε_p , %		
1							
2							

6. Открыть вентиль 5 и зафиксировать показания рабочего и контрольного манометров при срабатывании электроконтактного манометра

7. Показания приборов занести в таблицу 5.1.

8. Повторить опыт 3 раза.

9. По полученным данным определить:

а) абсолютную погрешность рабочего манометра $\Delta p = p_{уст} - p_{раб}$, кгс/см²;

б) относительную погрешность $\varepsilon_p = \frac{\Delta p}{p_v} \cdot 100\%$,

где p_v – верхний предел измерений рабочего манометра;

в) разность показаний манометров при верхнем и нижнем срабатывании $D = p_{раб} - p_{контр}$, кгс/см²;

г) область срабатывания рабочего манометра при данной уставке $S = p_{раб 1} - p_{раб 2}$, кгс/см².

4 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

После выполнения работы составляют отчет, включающий следующее:

1. краткое содержание работы;
2. принципиальную схему лабораторной установки;
3. необходимые таблицы и графики;
4. вывод.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение электроконтактного манометра.
2. Принцип действия и устройство электроконтактного манометра.
3. В чем заключается двухпозиционное регулирование?
4. Чем отличается электроконтактный манометр от электроконтактного термометра?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. - М.: МЭИ, 2005. - 400 с. (чзэ-3).
2. Юревич Е.И. Теория автоматического управления: учебник для втузов. - Л.: Энергия, 1969. - 375 с. (аб-1).
3. Гальперин М.В. Автоматическое управление: Учебник для сред.проф.образования. - М.: ФОРУМ ИНФРА-М, 2004. - 224с.- (Профессиональное образование). (кол-1)
4. Автоматизация крупных ТЭС./ Под ред. Шальмана М.П. – М.: Энергия, 1974 г.
5. Плетнев Г.П. Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок и электростанций. – М.: Энергия, 1976 г.

Дополнительная:

1. Берсенов И.С., Волков М.А., Давыдов Ю.С. Автоматика отопительных котлов и агрегатов. – М.: Стройиздат, 1979 г.
2. Мануйлов П.Н. Теплотехнические измерения и автоматизация тепловых процессов. – М.: Энергия, 1976 г.
3. Стефани Е.П., Панько М.А., Пикина Г.А. Сборник задач по основам автоматического регулирования теплоэнергетических процессов. Учебное пособие для вузов. - М.: Энергия, 1973 г.
4. Файерштейн Л.М., Этинген Л.С., Гохбайм Г.Г. Справочник по автоматизации котельных. – М.: Энергия, 1985 г.
5. Веллер В.Н. Регулирование и защита паровых турбин. – М.: Энергоатомиздат, 1985 г.
6. ГОСТ 21.404 – 85 «Автоматизация технологических процессов».
7. Автоматические приборы, регуляторы, вычислительные комплексы: Справочное пособие/ Под ред. Б.Д. Кошарского. – М.: Машиностроение, 1976 г.