

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**к выполнению лабораторных работ по дисциплине вариативной части
учебного плана по выбору вуза**

«АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

для обучающихся уровня профессионального образования "специалист" по
направлению подготовки 21.05.04 "Горное дело" специализации
"Обогащение полезных ископаемых" всех форм обучения

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
«Обогащение полезных ископаемых»
Протокол № 2 от 04.02.2020 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании Учебно-издательского
совета ДОННТУ
Протокол № 2 от 26.02.2020 г.

Донецк
2020

УДК 681.5:622.7(076)
ББК 65.050.2:33.4я73
М54

Рецензент:

Новиков Александр Олегович – доктор технических наук, профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» ГОУВПО «ДОННТУ».

Составители:

Корчевский Александр Николаевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Обогащение полезных ископаемых» ГОУВПО «ДОННТУ»;
Самойлик Виталий Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Обогащение полезных ископаемых» ГОУВПО «ДОННТУ».

М54 **Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине вариативной части учебного плана по выбору вуза «АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»** [Электронный ресурс] : для обучающихся уровня профессионального образования "специалист" по направлению подготовки 21.05.04 "Горное дело" специализации "Обогащение полезных ископаемых" всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. обогащения полезных ископаемых ; сост. А. Н. Корчевский, В. Г. Самойлик. – Электрон. дан. (1 файл: 436 Кб). – Донецк : ДОННТУ, 2020. – Систем. требования: Acrobat Reader.

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ разработаны с целью оказания помощи обучающимся в усвоении теоретического материала и получении практических навыков по дисциплине «Автоматизация процессов обогащения полезных ископаемых». Определены цель, содержание и порядок выполнения лабораторных работ, направленных на освоение основ автоматизации производственных процессов, в том числе на изучение назначения, структуры, принципа действия и настройки основных элементов систем автоматического контроля и регулирования. Выполнение экспериментальной части лабораторных работ ориентировано на применение действующих стендов и приборных методов измерения.

УДК 681.5:622.7(076)
ББК 65.050.2:33.4я73

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина «Автоматизация процессов обогащения полезных ископаемых» изучается в соответствии с рабочей программой подготовки специалистов специальности "Обогащение полезных ископаемых" и охватывает основные аспекты теории и практики автоматического контроля и регулирования технологических параметров обогатительных процессов.

Автоматизация производственных процессов является одним из основных факторов, обеспечивающих ускорение научно-технического прогресса. Обоганительное производство - совокупность сложных многофакторных технологических процессов, качественное управление которыми без средств автоматики проблематично.

Целью лабораторных работ по этому курсу является изучение принципов действия, устройства основных элементов автоматических систем регулирования, освоение экспериментальных методов определения их статических и динамических характеристик.

Проведение лабораторного практикума сопряжено с использованием аппаратуры, в основу работы которой заложены законы электротехники и электроники, физики, гидроаэродинамики. Поэтому для качественного проведения лабораторных работ необходима тщательная самоподготовка студентов, включающая:

- освоение теоретического материала по рекомендуемой литературе и конспекту лекций;
- изучение методических указаний к конкретной лабораторной работе, уяснение цели, задачи и методики выполнения работы;
- ознакомление с требованиями, предъявляемыми к отчету по лабораторной работе и подготовка необходимых схем, формуляров (таблиц) для записи результатов измерений.

Работы выполняются подгруппами, которые по указанию преподавателя делятся на бригады по 2-3 человека. В начале занятий преподаватель контролирует готовность студентов к проведению текущей лабораторной работы и принимает отчеты по предыдущей. Отчет о работе - индивидуальный, составляется на листах бумаги формата А4.

Выполнение лабораторных работ сопряжено с известной опасностью для жизни, так как в некоторых аппаратах используется электрическая энергия напряжением до 380 В. Поэтому основным требованием, предъявляемым к студентам, является предварительное изучение соответствующих инструкций по правилам техники безопасности и неукоснительное их соблюдение в процессе выполнения лабораторных работ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Общее ознакомление с основными элементами автоматических систем регулирования

1. Общие положения

Автоматические системы регулирования (АСР) в общем случае состоит из двух основных взаимодействующих подсистем (рис. 1) - обобщенного объекта регулирования (ООР) и управляющего устройства (УУ).

В системе регулирования различают внутренние и внешние воздействия. Связь между обобщенным объектом регулирования и управляющим устройством осуществляется с помощью внутренних воздействий - управляющего ($\mu(t)$) и контрольного воздействия (текущее значение параметра Y_T). Внешними воздействиями являются возмущающее ($Z(t)$) и задающее (Y_3) воздействия.

Стабилизирующие АСР по виду контрольного воздействия классифицируются на системы регулирования **по отклонению**, и регулирование **по возмущению**. В последнем случае измеряется величина возмущающего воздействия ($Z(t)$) и с помощью управляющего устройства компенсируется его влияние на регулируемый параметр.

Основными элементами АСР являются (рис. 1):

- объект управления,
- система автоматического контроля регулируемого параметра (САК),
- регулирующий орган (РО),
- регулятор с элементом сравнения (ЭС),
- исполнительный механизм (ИМ),
- задающее устройство (ЗУ).

Элемент сравнения служит для выделения сигнала рассогласования - разницу между текущим и заданным значениями регулируемого параметра.

Система автоматического контроля (САК) регулируемой величины включает в себя первичный датчик, преобразователь и вторичный прибор (регистратор).

Задающее устройство (задатчик) служит для установки заданного значения регулируемой величины, т.е. задание для регулятора.

Исполнительный механизм (ИМ) и регулирующий орган (РО) предназначены для изменения входного параметра объекта по закону, определяемому регулятором.

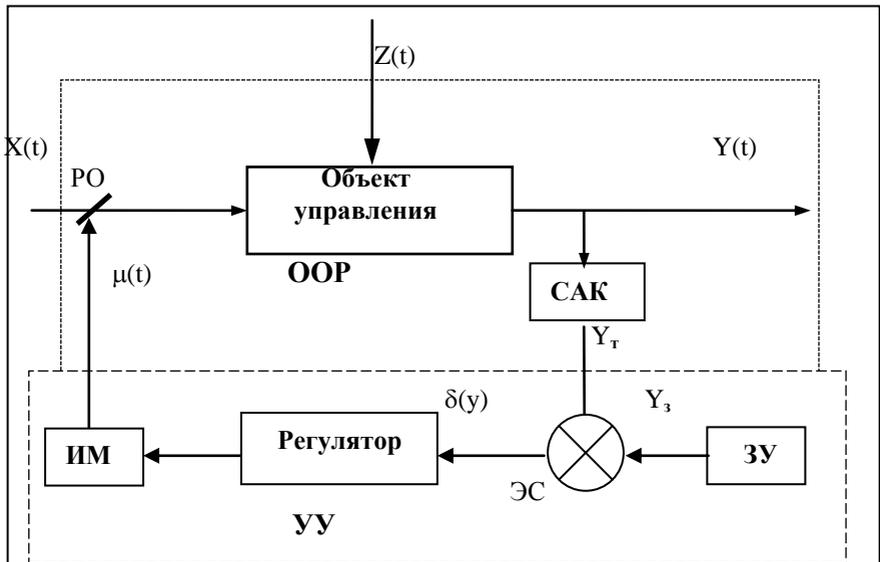


Рис. 1 - Функциональная схема автоматической системы регулирования (АСР) по отклонению

Обозначения:

ООР - обобщенный объект регулирования, УУ - управляющее устройство, $X(t)$ - входной параметр объекта, $Y(t)$ - выходной (регулируемый) параметр, $Z(t)$ - возмущающее воздействие, Y_m , Y_3 - текущее и заданное значение параметра, соответственно, $\delta(y)$ - сигнал рассогласования, $\mu(t)$ - управляющее воздействие, САК - система автоматического контроля, ЗУ - задающее устройство, ЭС - элемент сравнения, ИМ - исполнительный механизм, РО - регулирующий орган

2. Цель работы

Изучение структуры АСР, назначения и принципа действия ее основных элементов на примере электрической системы регулирования уровня жидкости.

Усвоение взаимодействия элементов АСР в процессе ее работы на действующем лабораторном стенде.

3. Описание лабораторного стенда АСР уровня жидкости

Структурная схема экспериментальной установки, моделирующей систему регулирования уровня жидкости (по отклонению) показана на рис. 2.

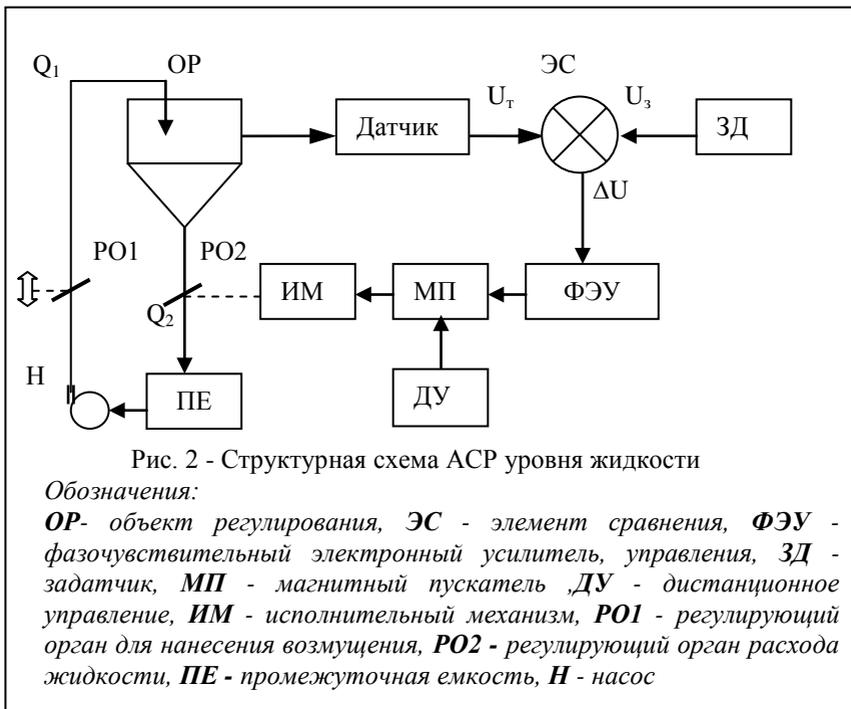


Рис. 2 - Структурная схема АСР уровня жидкости

Обозначения:

ОР - объект регулирования, **ЭС** - элемент сравнения, **ФЭУ** - фазочувствительный электронный усилитель, управления, **ЗД** - задатчик, **МП** - магнитный пускатель, **ДУ** - дистанционное управление, **ИМ** - исполнительный механизм, **PO1** - регулирующий орган для нанесения возмущающего воздействия на объект регулирования, **PO2** - регулирующий орган расхода жидкости, **ПЕ** - промежуточная емкость, **Н** - насос

Объект управления моделируется емкостью, жидкость из которой через регулирующий орган (ОР2) и промежуточную емкость (ПЕ) насосом возвращается в исходный объект. В качестве датчика уровня применен поплавок, снабженный индукционно-трансформаторным преобразователем. Регулирующий орган PO1 служит для нанесения возмущающего воздействия на объект регулирования.

Элемент сравнения, задатчик и усилитель входят в состав серийного регулятора Р-25.12, помещенного на стенде.

Система регулирования действует следующим образом. При текущем значении уровня жидкости, равном заданному, выделяемый на

элементе сравнения сигнал (ΔU) равен нулю. Это состояние объекта характеризуется материальным балансом поступающей жидкости (Q_1) и потребляемой (Q_2). Система находится в ждущем режиме. При появлении возмущения, например, со стороны расхода жидкости Q_1 изменяется ее уровень в объекте, что сопровождается изменением сигнала текущего значения U_T и, как следствие, сигнала рассогласования ΔU . С учетом фазы данного сигнала регулятор через исполнительный механизм (ИМ) и регулирующий орган (ОР2) изменяет расход жидкости (Q_2) до момента наступления материального баланса. Алгоритм формирования управляющего сигнала определяется законом регулирования, заложенного в регуляторе.

4. *Порядок выполнения работы*

Под руководством преподавателя подать на стенд питающее напряжение. Включить регулятор. В ручном режиме работы системы закрыть регулируемую заслонку (РО2) и открыть вспомогательную (РО1). Залить емкость водой до перелива. Включить насос и с помощью заслонки РО1 установить расход жидкости, обеспечивающий ее наличие в промежуточной емкости (ПЕ). Благодаря свойству объекта - "самовыравнивание" - через определенное время устанавливается материальный баланс по расходам жидкости.

Установить на пульте регулятора "Задание" для системы и включить регулятор. Наблюдать за взаимодействием элементов системы в период переходного процесса, отметить время, необходимое для достижения системой нового установившегося значения уровня жидкости в объекте.

Анализ поведения системы выполнить при различных установках "Задания". В этом случае возмущение на АСР вносится со стороны задающего воздействия.

После достижения стационарного режима работы системы ввести возмущение со стороны регулирующего органа РО1 путем поворота рабочего органа на 30-45°. Провести анализ работы системы в данных условиях.

5. *Содержание отчета:*

- структурная схема АСР уровня жидкости "по отклонению" и описание принципа ее работы,
- анализ переходных процессов в системе при различных видах возмущающих воздействий,

- структурная схема АСР уровня жидкости "по возмущению", разработанная на основе существующей, и описание принципа ее работы.

6. Контрольные вопросы

1. Состав систем регулирования (АСР), характеристика и назначение ее элементов.
2. Особенности и схемы АСР по отклонению и возмущению.
3. Сигнал рассогласования и способы его выявления.

Литература: [1], с. 21 - 38.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Изучение и исследование преобразователей перемещения

1. Общие положения

Преобразователи (датчики) перемещения предназначены для преобразования линейного либо углового перемещения в пропорциональное значение электрического сигнала.

Преобразователи перемещения встраиваются в датчики технологических параметров для передачи показаний первичного прибора на вторичный, в регистрирующую и регулирующую аппаратуру.

В данной работе объектами изучения являются следующие датчики перемещения:

- индуктивный преобразователь линейного перемещения (ИП),
- индукционно-трансформаторный датчик линейного перемещения (ИТП),
- ферродинамический преобразователь углового перемещения (ФП),
- реостатный (резисторный) преобразователь углового перемещения (РП).

Характерной особенностью индуктивных и реостатных преобразователей является их применение, как правило, в мостовых измерительных схемах, а индукционно-трансформаторных и ферродинамических - самостоятельное их использование в прямых схемах передачи информации. Это не исключает их применение в компенсационных схемах измерения и регулирования. При этом на первичные их обмотки подается переменное напряжение, вызывающее магнитный поток, а со вторичных обмоток снимается выходное напряжение, пропорциональное входному воздействию - соответственно, перемещению сердечника в ИТП или изменению угла поворота вторичной обмотки (рамки) в ФП.

2. Цель работы

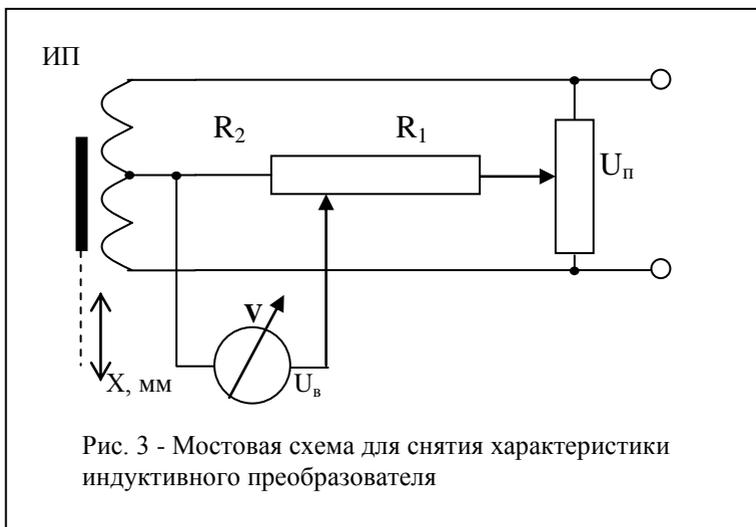
Изучение конструкции и снятие характеристик преобразователей перемещения.

3. Используемые стенды и аппаратура

Для выполнения работы используется стенд с установленными преобразователями перемещения и блоком питания, высокоомный вольтметр.

4. Порядок выполнения работы

Изучить конструкцию всех преобразователей. На стенде собрать схему для снятия статической характеристики индуктивного преобразователя (Рис. 3). Напряжение питания моста ($U_{\Pi} = 10 - 12 \text{ В}$) снимать с установленного трансформатора.



После подачи напряжения на стенд и установления заданного преподавателем напряжения питания моста с помощью резистора R_1 уравновесить мост при нейтральном положении плунжера.

Изменяя с помощью лекала входной параметр "X" (линейное перемещение плунжера) в пределах 0 - 4 мм относительно его нейтрального положения, измерить с помощью высокоомного вольтметра выходное напряжение $U_{\text{вых}}$.

Для построения характеристики $U_{\text{вых}} = f(X)$ при различных положениях движка резистора R_2 подготовить таблицу опытных данных. Построить характеристики преобразователя.

Для снятия характеристик ферродинамического преобразователя собрать схему, приведенную на рис. 4. Напряжение питания преобразователя составляет $U_{\Pi} = 12 \text{ В}$, установить его с помощью трансформатора.

Изменяя входной параметр α (угловое перемещение рамки) в пределах 0 - 10° относительно ее нейтрального положения, измерить выходное напряжение $U_{\text{в}}$ в случае подключения обмотки смещения ($W_{\text{см}}$) и

без нее. Подготовить таблицу для занесения экспериментальных данных и построить характеристики преобразователя.

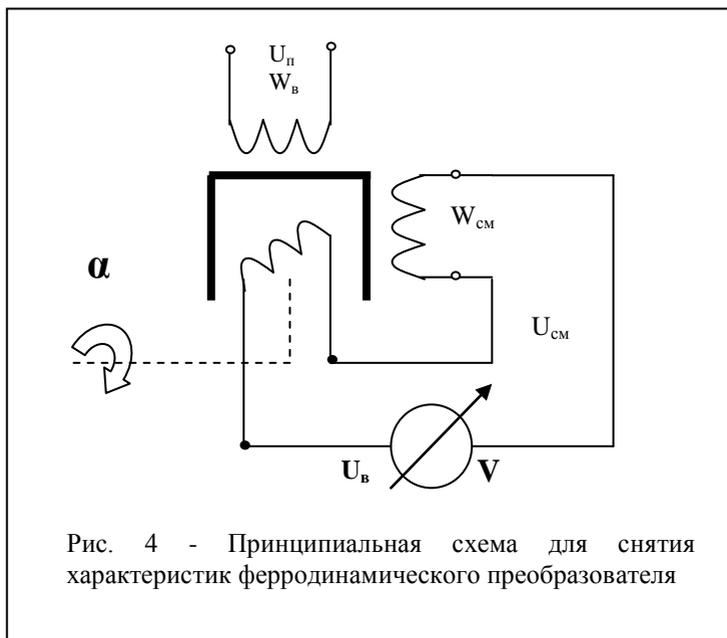


Рис. 4 - Принципиальная схема для снятия характеристик ферродинамического преобразователя

5. Содержание отчета:

- схемы замещения преобразователей перемещения и схемы снятия характеристик,
- экспериментальные данные в виде таблиц и графиков,
- выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Классификация, назначение преобразователей перемещения.
2. Схемы, принцип действия преобразователей.
3. Статические характеристики ферродинамических и трансформаторных преобразователей.

Литература: [1], с. 39 - 48, [2], с. 92 - 97.

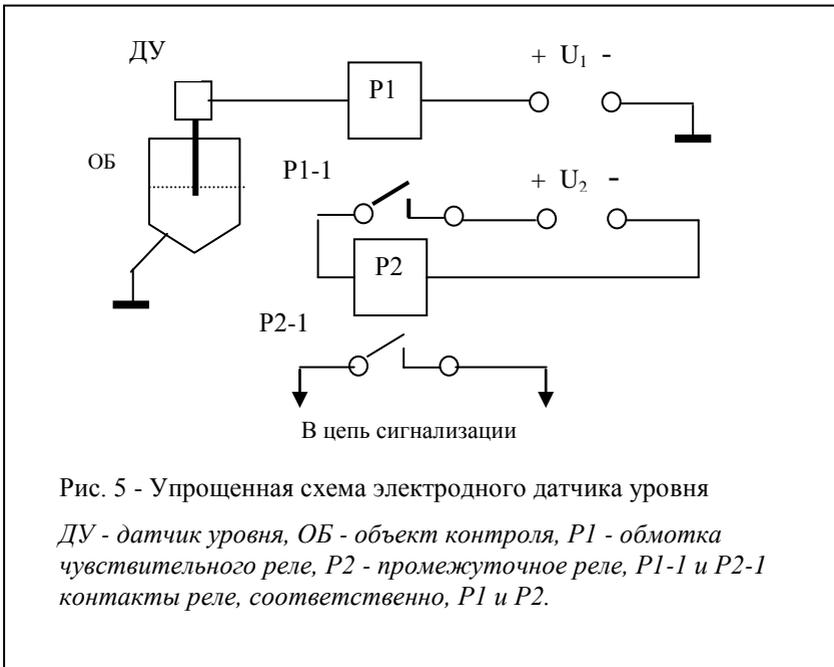
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Изучение средств автоматического контроля уровней сыпучих и жидких сред

1. Общие положения

Автоматический контроль уровней различных сред - необходимое условие при управлении рядом технологических процессов и автоматизации работы некоторых обогатительных машин: контроль и автоматизация заполнения бункеров сыпучим материалом, стабилизация уровней пульпы в вакуум-фильтрах, флотомашинах, зумпфах и т.п..

Средства и схемы контроля уровней сред классифицируются на **дискретные (релейные)** и **непрерывные (аналоговые)**. Для дискретного контроля уровней сыпучих и токопроводящих жидких сред наибольшее распространение получили электродные уровнемеры, например, реле ИКС (искробезопасный контроль сопротивления), более современные указатели типа УКС-1У.3. Упрощенная схема электродного уровнемера представлена на рис. 5.



Аналоговые уровнемеры применяются при необходимости получения непрерывной информации о текущем значении уровней, например, при автоматическом управлении процессами и аппаратами.

Аналоговые системы контроля уровня, равно как и других технологических параметров (расхода, плотности, давления, температуры) включают **первичные датчики и вторичные** (регистрирующие) приборы.

В первичных датчиках можно выделить две функциональные части - чувствительный элемент и преобразователь. Чувствительный элемент контактирует непосредственно с контролируемой средой, а преобразователь формирует сигнал, удобный для передачи на последующие элементы автоматики - регистрирующий прибор, регулятор. Например, в мембранном дифманометре чувствительным элементом является мембрана, а преобразователем - любой преобразователь перемещения.

Обобщающая структурная схема аналоговой системы контроля технологических параметров показана на рис. 6.



2. Цель работы

Изучение принципа работы электродных уровнемеров (на примере датчика уровня типа УКС) и аналоговых систем (на примере манометрического уровнемера).

Освоение способов настройки уровнемеров.

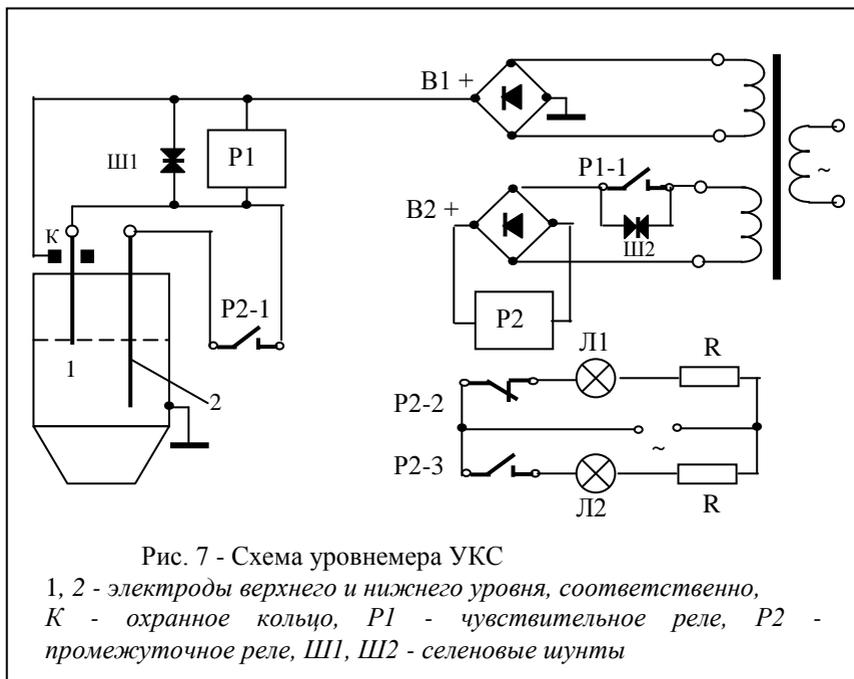
3. Используемые стенды и аппаратура

Стенды с электродным уровнемером, объектом контроля, дифманометром, вторичным прибором типа КСД1.

4. Порядок выполнения работы

4.1 Дискретный контроль уровней электродными датчиками

Изучить работу упрощенной схемы электродного датчика уровня (рис. 5) и полной схемы промышленного устройства контроля сопротивления (УКС), приведенной на рис. 7.



На приведенной схеме к уровнемеру подключены два электродных датчика: верхнего уровня (1) и нижнего (2). При достижении материала верхнего уровня срабатывает реле P1, контакт которого подает питание на реле P2. Его контакт P2-3 включает сигнальную лампочку Л2, а контакт P2-1 подключает питание реле P1 через электрод 2. Это приводит к тому, что обесточено реле P1 и, следовательно, P2 будет после разрыва цепи между материалом и электродом нижнего уровня. В этом случае лампочка Л2 гаснет, а Л1 загорается, сигнализируя достижение материала в объекте нижнего уровня.

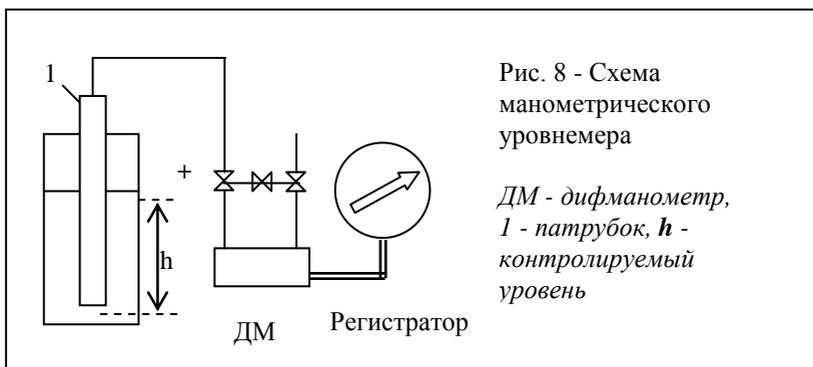
Селеновый шунт Ш1 служит для предотвращения появления искры между материалом и электродом в момент разрыва цепи, а Ш2 - для гашения искры на маломощных контактах реле Р1.

Охранное кольцо (К) служит для предотвращения ложного срабатывания реле при запыливании (увлажнении) участка крепления датчика к объекту контроля. Это достигается появлением цепи тока через охранное кольцо - слой пыли - электрод - земля, минуя обмотку реле Р1.

После изучения работы схемы уровнемера собрать ее на стенде, используя моделирующий объект, для контроля одного уровня жидкости. После ее проверки преподавателем подать питание на стенд и убедиться в правильном срабатывании устройства.

4.2 Непрерывный контроль уровня жидких сред

Из существующих методов непрерывного контроля уровня жидких сред (чистых жидкостей и суспензий) наибольшее применение получил *манометрический способ* контроля, отличающийся простотой и высокой надежностью. Схема уровнемера показана на рис. 8.



Погружаемый патрубок (опрокинутый стакан) соединен пневмолнией с положительной полостью мембранного дифманометра, последний контролирует разность давлений $\Delta P = \rho gh$. При постоянных значениях плотности среды (ρ) и ускорения силы тяжести (g) следует $\Delta P = Ch$, где C - постоянная. Таким образом, вторичный прибор (регистратор) будет указывать контролируемый уровень.

На стенде, укомплектованном дифманометром (ДМ), вторичным прибором КСД1 и моделью объекта, собрать схему контроля уровня жидкости. Настроить схему для контроля уровня в пределах 0 - 80 мм.

При необходимости ознакомиться с конструкцией дифференциального манометра по заводской инструкции.

5. Содержание отчета:

- схема и описание электродного уровнемера для контроля 2-х уровней,
- схема, принцип работы манометрического уровнемера,
- способы настройки уровнемеров.

6. Контрольные вопросы

1. Классификация уровнемеров, принцип действия и область применения электродного и манометрического уровнемеров.
2. Упрощенная схема электродного способа контроля уровня.
3. Способы настройки уровнемеров.

Литература: [1], с. 59 - 63, [2], с. 92 - 100.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

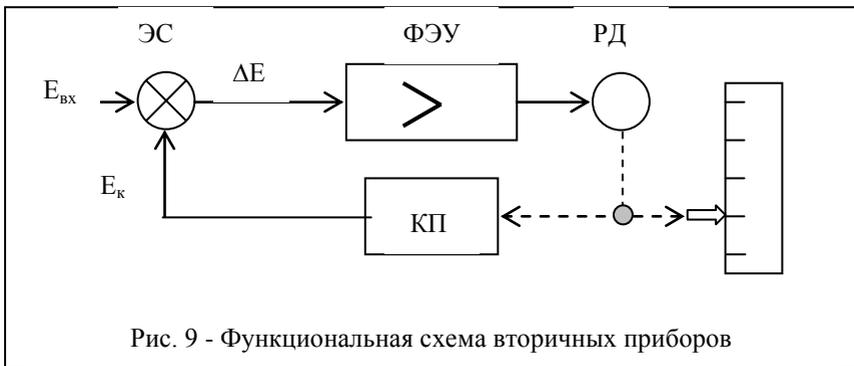
Изучение электронных вторичных приборов

1. Общие положения

Предметом изучения являются вторичные приборы типа КСД, ВФСМ, КСМ и КСП. Первые два прибора работают с индукционно-трансформаторными и ферродинамическими преобразователями. Вторые - мосты переменного и постоянного тока соответственно, работающие с R-преобразователями (КСМ) и термопарами (КСП).

Вторичные приборы являются многофункциональными устройствами, они могут выполнять не только информативные функции (перемещение пера и стрелки относительно шкалы), но и приводить в действие контакты сигнализирующей аппаратуры и различные преобразователи перемещения, используемые для дистанционной передачи сигнала в системы регулирования и контроля. Для выполнения этих функций вторичные приборы содержат реверсивный (конденсаторный) двигатель, подключенный к выходу усилителя.

Принцип работы всех вторичных приборов основан на компенсации входного сигнала $E_{вх}$ (рис. 9), поступающего от первичного датчика, сигналом $E_{к}$, выработанным в самом вторичном приборе с помощью соответствующего компенсационного преобразователя (КП). При этом, поступающий входной сигнал сравнивается с сигналом компенсации. Векторная разница (с учетом фазы) $\Delta E = \dot{E}_{вх} - \dot{E}_{к}$ поступает на вход фазочувствительного электронного усилителя (ФЭУ), нагрузкой которого является управляющая обмотка реверсивного двигателя (РД).



Ротор последнего перемещает подвижный элемент компенсационного преобразователя. Схема сравнения сфазирована таким

образом, чтобы разность $\Delta \dot{E}$ уменьшалась при этом до порога чувствительности усилителя. После достижения момента компенсации ($\Delta \dot{E}=0$) ротор двигателя останавливается, прекращают при этом движение и кинематически связанные с ним перо и стрелка прибора, обеспечивая выдачу соответствующей информации.

2. Цель работы

Изучение принципа действия, устройства и назначения вторичных электронных приборов.

Освоение приемов по настройке и подключению к вторичным приборам первичных датчиков.

Примечание: время выполнения данной работы - 8 часов.

3. Используемые стенды и аппаратура

Стенды с вторичными приборами и первичными датчиками.

4. Выполнение работы

4.1 Изучение вторичного прибора КСДЗ

Прибор КСДЗ (рис. 10) работает с индукционно-трансформаторными преобразователями.

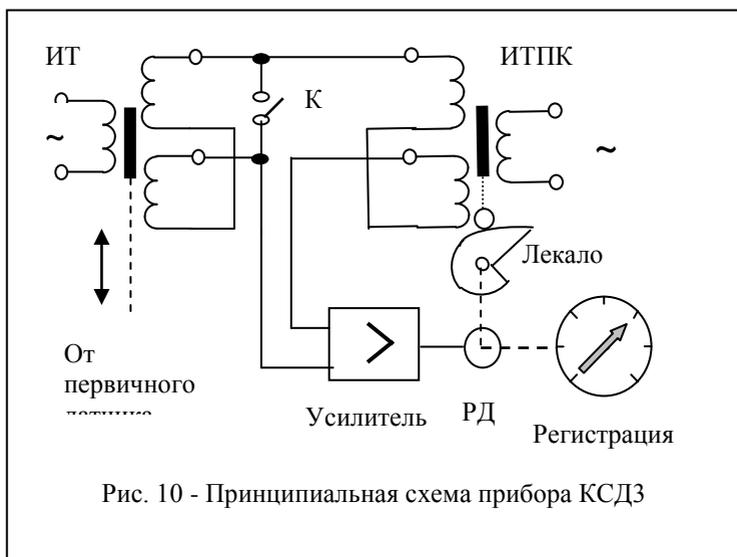


Рис. 10 - Принципиальная схема прибора КСДЗ

Измерительная схема прибора содержит последовательно встречно включенные вторичные обмотки первичного датчика (ИТ) и компенсационного преобразователя (ИТПК). Сигнал рассогласования, выделяемый в этой схема, подается на вход фазочувствительного транзисторного усилителя. После усиления сигнал поступает в обмотку управления реверсивного двигателя, ротор последнего приводит в движение через кинематическую схему сердечник ИТПК, стрелку и перо прибора.

Направление перемещения указанных элементов определяется фазой сигнала рассогласования

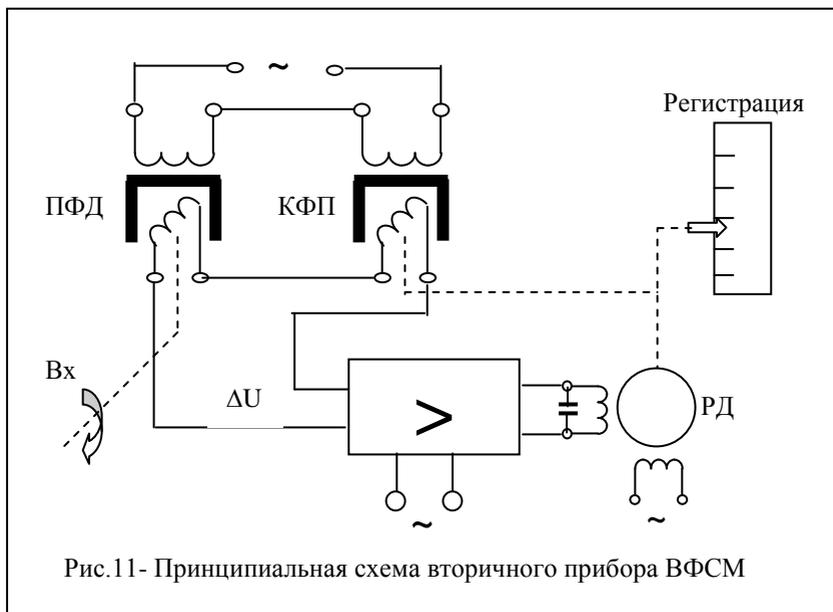
Для **проверки** работы прибора предусмотрена кнопка (К), при нажатии которой шунтируется вторичная обмотка первичного датчика, на вход усилителя поступает сигнал только от компенсационного преобразователя, что приводит к перемещению его плунжера в нейтральное положение, т.е. происходит компенсация сигнала. Стрелка прибора занимает при этом нулевое положение, что свидетельствует об исправности прибора. Данная кнопка выведена на лицевую панель.

Для **настройки** прибора в компенсационном преобразователе (ИТПК) предусмотрена вспомогательная третья обмотка (на схеме не показана), предназначенная для корректировки нулевого положения сердечника при "нулевом" значении контролируемого параметра. Эта обмотка шунтируется переменным резистором и включается последовательно с вторичными обмотками преобразователей. Перемещая движок данного резистора можно изменять напряжение, подаваемое на вход усилителя, т.е. устанавливать "0" прибора. Кроме того, вторичная обмотка компенсационного преобразователя шунтируется переменным резистором (на рис. 9 не показан), перемещая движок которого можно изменять диапазон измерения. На переднюю панель прибора выведены движки указанных резисторов - "Установка 0" и "Диапазон".

4.2 Изучение вторичного прибора ВФСМ

Прибор работает с первичными датчиками, снабженными ферродинамическими или индукционно-трансформаторными преобразователями. Упрощенная схема прибора приведена на рис. 11.

Принцип работы прибора такой же, как и выше рассмотренного. Компенсация входного сигнала (Вх) от первичного датчика (ПД) осуществляется с помощью компенсационного ферродинамического преобразователя (КФП), рамка которого механически через систему рычагов и лекал связана с ротором реверсивного конденсаторного двигателя РД. Регистрация контролируемого параметра производится на линейной шкале и ленточной диаграмме.



В данный прибор встраиваются вспомогательные ферродинамические преобразователи (на схеме не показаны), рамки которых поворачиваются двигателем РД. Они служат для передачи информации в систему регулирования (при необходимости) и на дублирующий вторичный прибор.

4.3. Изучение вторичных приборов - мостов переменного тока

Автоматические мосты переменного тока работают с первичными R - преобразователями (терморезисторами, фоторезисторами, тензорезисторами и т. п.). Для измерения омического сопротивления (входной сигнал) приборы данного типа имеют мостовую измерительную схему, построенную на резисторах. На рис. 12 показана упрощенная принципиальная схема вторичного прибора КСМ1, с подключенным первичным датчиком температуры - терморезистором R_t .

Мостовая схема образована резисторами R_1 , R_2 , R_3 , R_p и R_t . Здесь R_t - первичный датчик-преобразователь, в данном случае терморезистор, R_p - переменный резистор (реохорд), движок которого кинематически связан с выходным валом двигателя РД. При нарушении

уравновешенности моста с его вершин (точки "А" и "Б") снимается сигнал рассогласования (ΔU), который после усиления приводит во вращение выходной вал двигателя РД. Последний перемещает движок реохорда R_p (точку "Б") до момента уравновешенности мостовой схемы, т.е. до выполнения условия: $\Delta U=0$. Стрелка и записывающее устройство фиксируют новое значение контролируемого параметра - температуру.

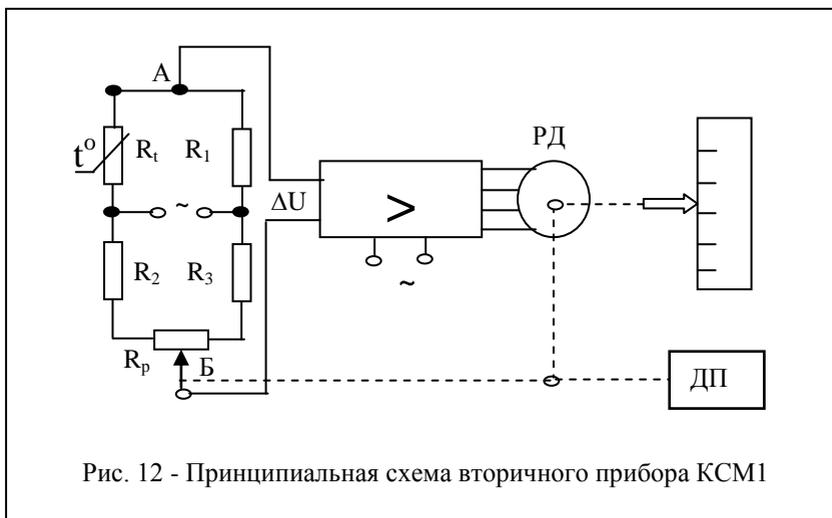


Рис. 12 - Принципиальная схема вторичного прибора КСМ1

В прибор могут встраиваться дополнительные преобразователи (ДП) для дистанционной передачи показаний на другие элементы автоматики, а также контактные группы для сигнализации предельных значений контролируемого параметра.

4.4. Изучение вторичных приборов - мостов постоянного тока

Мосты постоянного тока, часто называемые *потенциометрами*, работают с первичными датчиками, на выходе которых - напряжение постоянного тока. Наибольшее применение автоматические потенциометры получили для контроля температуры сред. В качестве датчика температуры используется термопара. На рис. 13 представлена упрощенная схема автоматического потенциометра типа КСП2 с подключенной термопарой (ТП).

Мостовая схема прибора собрана на резисторах $R_1 - R_4$ и реохорде R_p . Питание моста (U_n) осуществляется от источника стабилизированного

питания постоянного тока. Мостовая схема предназначена для выработки компенсирующего напряжения (U_k), которое снимается с вершин "А" и "Б".

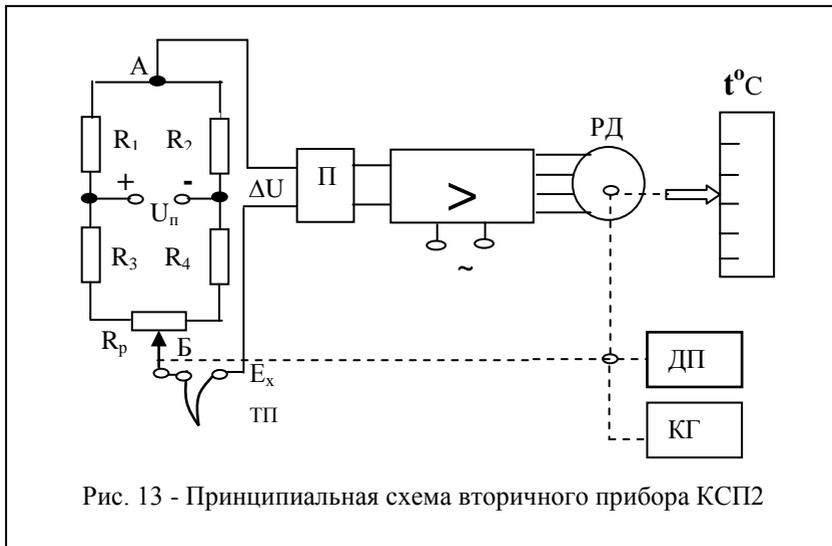


Рис. 13 - Принципиальная схема вторичного прибора КСП2

Таким образом, на вход усилителя поступает сумма включенных напротив напряжений: $\Delta U = U_k + E_x$. Здесь E_x - напряжение, вырабатываемое термопарой. В приборе применяется усилитель переменного тока, сигнал рассогласования - постоянного тока. Поэтому перед усилителем установлен преобразователь напряжения (Π).

Данный вторичный прибор имеет дополнительный преобразователь (ДП) и контактную группу (КГ) для передачи информации в последующие элементы автоматики и сигнализации.

4.5. Работа с вторичными приборами

Все рассмотренные вторичные приборы установлены на стендах. Изучить конструктивные особенности каждого прибора и способы их настройки. Подключить к ним соответствующие первичные датчики-преобразователи (по указанию преподавателя). Включить приборы, убедиться в их правильной работе. При необходимости настроить.

5. Содержание отчета:

- принципиальные схемы всех изучаемых приборов с подключенными датчиками:

- краткое описание принципа работы и настройки приборов;
- возможная область применения.

6. Контрольные вопросы

1. Назначение, классификация вторичных приборов.
2. Обобщающая схема и принцип действия вторичных приборов.
3. Упрощенные схемы подключения преобразователей к вторичным приборам типа КСД, ВФСМ, КСМ и КСП.
4. Способы настройки вторичных приборов.

Литература: [2], с. 56 - 61, [3], с. 14 - 26.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Изучение весового плотномера ИПВФ

1. Цель работы

Изучение конструкции и принципа действия весового плотномера, способов его настройки и подключения к вторичному прибору.

2. Используемые стенды и приборы

Стенд с весовым плотномером ИПВФ, вторичный прибор ВФСМ.

3. Описание схемы и принципа действия плотномера

В основе работы весового плотномера лежит автоматическое измерение массы определенного объема суспензии протекающей через весовой патрубок. Принципиальная схема плотномера ИПВФ (индикатор плотности весовой) показана на рис. 14.

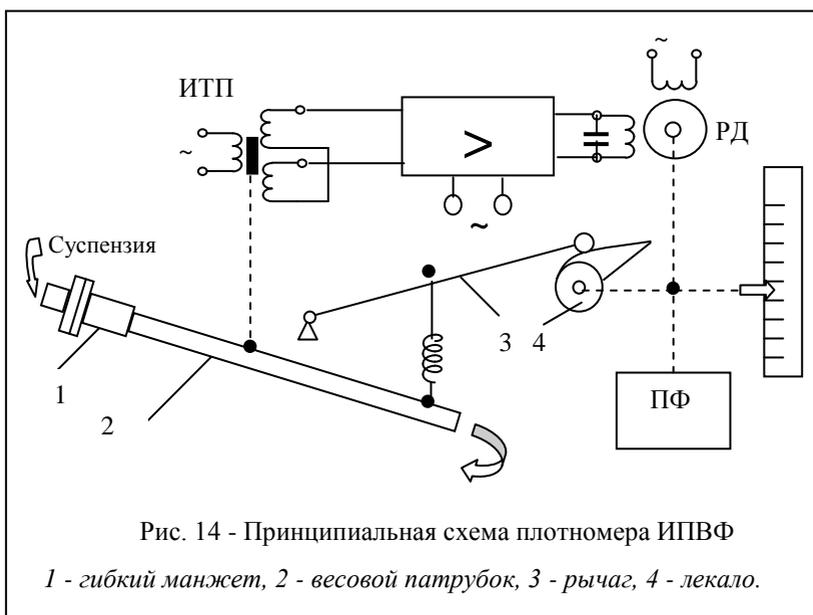


Рис. 14 - Принципиальная схема плотномера ИПВФ

1 - гибкий манжет, 2 - весовой патрубок, 3 - рычаг, 4 - леечка.

В приборе использован компенсационный принцип измерения массы патрубков (2), заполненных суспензией. При увеличении массы суспензии (увеличении ее плотности) весовой патрубков благодаря соединению его с контролируемой линией через гибкий манжет (1) опускается.

Сердечник индукционно-трансформаторного преобразователя (ИТП), жестко закрепленный к патрубку, смещается относительно своего нейтрального положения. Это вызывает появление на входе усилителя напряжения. Усиленный сигнал вызывает вращение ротора двигателя (РД), последний поворачивает лекало (4) в таком направлении, чтобы с помощью рычага (3) и пружины приподнять патрубок в исходное состояние, сердечник при этом занимает вновь нейтральное положение. Сигнал на входе усилителя исчезает, ротор РД останавливается, связанная с ним система регистрации фиксирует новое значение плотности суспензии.

Для передачи информации на вторичный прибор ВФСМ в плотномер встроен ферродинамический преобразователь (ПФ), рамка которого кинематически связана с ротором двигателя.

Настройка плотномера осуществляется путем пропускания через него чистой воды. При этом прибор должен показать плотность, равную 1. При несоответствия показаний с помощью гайки (на схеме не указана) смещают положение катушки ИТП относительно сердечника до показания плотности, равному 1.

4. Выполнение работы

Изучить назначение, устройство, схему плотномера и способ подключения к нему вторичного прибора.

Подключить к плотномеру вторичный прибор ВФСМ.

Осуществить настройку (тарировку) плотномера и вторичного прибора.

5. Содержание отчета:

- принципиальная схема плотномера с подключенным вторичным прибором,
- краткое описание принципа действия плотномера,
- способы настройки плотномера и вторичного прибора.

6. Контрольные вопросы

1. Классификация плотномеров пульп и суспензий.
2. Схема весового плотномера, способ реализации силовой компенсации в приборе.
3. Настройка плотномера и системы контроля плотности суспензии.

Литература: [1], с. 48 - 52, [3], с. 28 - 38.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Определение статических и динамических характеристик объектов регулирования

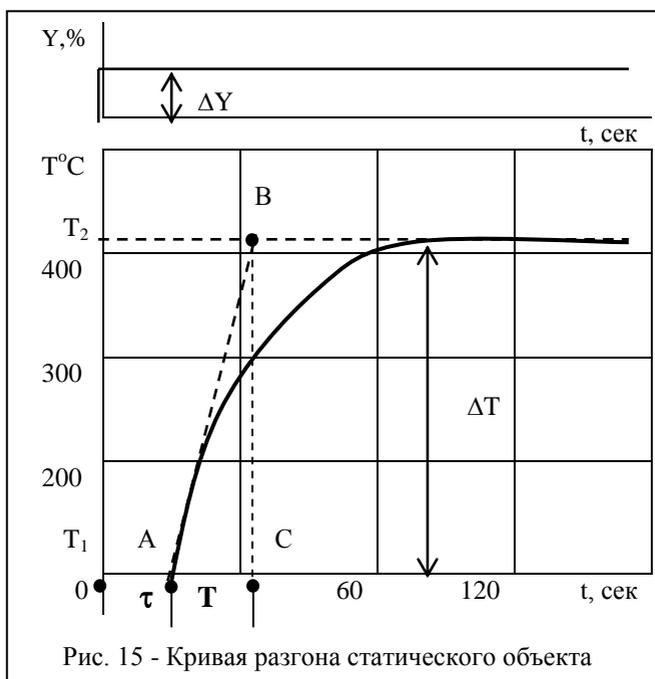
1. Общие положения

Выбор типа регулятора, оптимальная его настройка, качество работы системы регулирования во многом определяется характеристиками объекта регулирования.

Статические и динамические характеристики могут быть представлены в виде уравнений (дифференциальные уравнения, передаточные функции, амплитудно-фазовые характеристики) или в виде экспериментально снятых графиков, например, кривой разгона.

В данной работе ставится задача определить статические и динамические свойства инерционного статического объекта путем снятия кривой разгона и ее обработки.

На рис. 15 показана типичная кривая разгона статического теплового объекта и способ ее обработки. Ступенчатое возмущение на объект нанесено со стороны регулирующего органа, оно выражено в % хода его рабочего элемента (Y).



Основными параметрами кривой разгона статических объектов регулирования являются:

- постоянная времени, T ,
- запаздывание, τ ,
- коэффициент передачи объекта, K .

Параметры " T " и " τ " определяются графическим образом. Для этого в начале кривой разгона (точка А) проводится касательная (АВ), из точки пересечения с прямой установившегося значения (В) опускается перпендикуляр (рис. 15). Отрезок АС соответствует постоянной времени " T " (в масштабе оси абсцисс), а отрезок от начала координат - запаздыванию объекта " τ ".

Коэффициент передачи объекта рассчитывается по выражению:

$$K_{об} = \frac{T_2 - T_1}{\Delta Y}, \frac{\text{градус, } C}{\% \text{ хода..} PO}$$

Приведенная на рисунке кривая разгона статического объекта может быть представлена обобщающей передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{K_{об} \cdot e^{-p\tau}}{Tp + 1}.$$

2. Цель работы

Освоение методики снятия кривых разгона объектов регулирования и способа их обработки.

3. Используемые стенды и аппаратура

Стенд с тепловым объектом регулирования, термопарой, вторичным прибором КСП2, секундомер.

4. Описание экспериментального стенда

Схема экспериментального стенда показана на рис. 16.

Моделирующий объект регулирования (ОР) представлен емкостью с теплоизолятором, снабженной электрическим нагревательным элементом (НЭ) и термопарой типа ХК (ТП).

Возмущающее ступенчатое воздействие на объект наносится с помощью поворота рукоятки автотрансформатора (АТ) на требуемый угол.

Контроль напряжения, подаваемого на нагреватель, осуществляется

вольтметром (V). Контроль выходного параметра (температуры) производится с помощью термопары и автоматического потенциометра КСП2

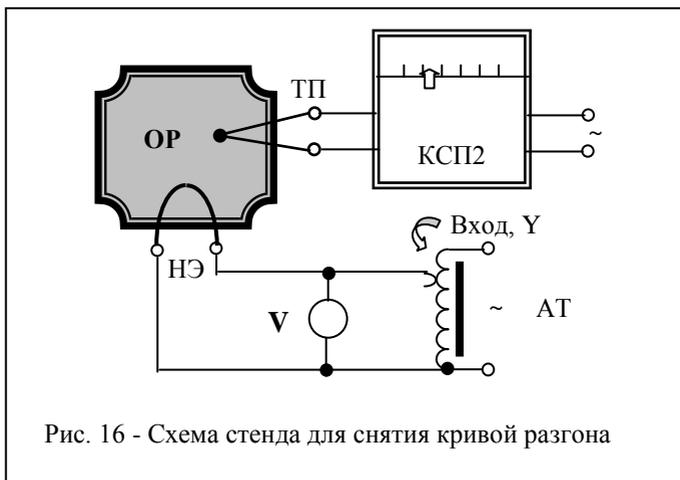


Рис. 16 - Схема стенда для снятия кривой разгона

5. Выполнение работы

Собрать схему для снятия кривой разгона (рис. 16). Установить рукоятку автотрансформатора на нулевое положение. После согласования с преподавателем схемы подать питающие напряжения на все элементы стенда. Убедится, что потенциометр показывает температуру окружающей среды (18-20°C). Подать на нагревательный элемент указанное преподавателем напряжение (50 - 120 В). Наблюдать за ходом переходного процесса в объекте.

После наступления установившегося режима (температура в объекте стабилизировалась) нанести возмущение на объект путем поворота рукоятки автотрансформатора (в любую сторону) в пределах 30°, что составит 25 % хода регулирующего органа. Включить секундомер и фиксировать значение температуры через каждые 20 - 30 с до наступления нового установившегося значения. Отметить момент начала отклонения температуры от первого установившегося значения, это время соответствует запаздыванию объекта (τ).

По данным наблюдений построить кривую разгона, обработать ее и получить передаточную функцию объекта.

При необходимости провести эксперимент при другом значении возмущения на объект.

5. Содержание отчета:

- принципиальная схема для снятия кривой разгона;
- методика снятия кривой разгона,
- таблица с результатами эксперимента и построенная и обработанная кривая разгона,
- определение характеристик кривой и передаточная функция объекта регулирования.

6. Контрольные вопросы

1. Способы представления статических и динамических свойств объектов регулирования.
2. Понятия статических и астатических объектов управления.
3. Методика снятия и обработка кривой разгона, основные характеристики, получаемые из кривой разгона.

Литература: [2], с. 80 - 85.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Изучение электрических исполнительных механизмов

1. Общие положения

Исполнительный механизм (ИМ) - важнейший элемент систем авторегулирования и дистанционного управления. Он предназначен для перемещения рабочего элемента регулирующего органа (поворотная заслонка, вентиль, шибер и т. д.). Управляющий сигнал на ИМ поступает от регулятора или схемы дистанционного управления.

Электрические исполнительные механизмы включают элементы:

- реверсивный электродвигатель,
- редуктор,
- концевые выключатели,
- устройство обратной связи (преобразователь перемещения),
- штурвал для ручного управления (в некоторых ИМ).

Исполнительные механизмы могут работать в системах бесконтактного управления, например, через магнитные усилители, и в системах контактного управления с помощью магнитных пускателей или реле, расположенных в регуляторе.

2. Цель работы

Изучение конструкции и схем управления ИМ.

3. Используемые стенды, оборудование

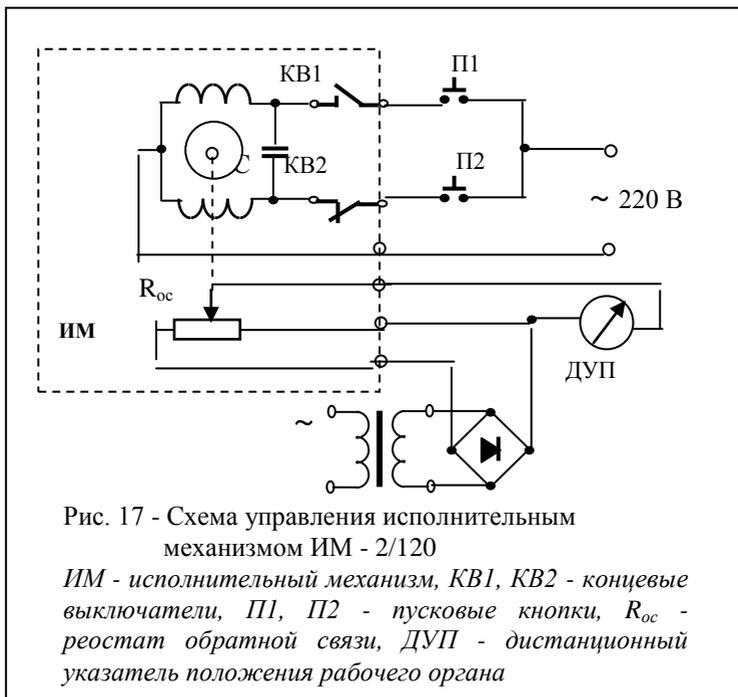
Для выполнения работы используется стенд с элементами контактного управления, исполнительные механизмы ИМ - 2/120 и МЭО - 1.6.

4. Описание схем и работы исполнительных механизмов

На рис. 17 показана схема исполнительного механизма, управляемого в ручном (дистанционном) режиме.

Выходной вал рассматриваемых исполнительных механизмов поворачивается на угол 120° , для отключения электродвигателя в крайних положениях в ИМ установлены концевые выключатели (КВ).

Возможность реверсирования электродвигателя осуществляется за счет двух обмоток и фазосдвигающей емкости (С).



Преобразователь перемещения (на схеме - реостат обратной связи) вырабатывает сигнал, пропорциональный углу поворота выходного вала ИМ, используемый для дистанционного указания положения регулирующего органа. Данный сигнал может быть использован и в качестве обратной связи в системе автоматического регулирования.

В некоторых ИМ, например, типа МЭО встроены индукционно-трансформаторные (индуктивные) преобразователи перемещения.

При управлении исполнительным механизмом в автоматическом режиме выходные контакты реле регулятора через переключатель "Режим работы" подключаются параллельно кнопкам дистанционного управления (П).

В некоторых схемах управление электродвигателем осуществляется через реверсивный магнитный пускатель, например, при установке трехфазного двигателя в исполнительном механизме. В этом

случае кнопки (П) и контакты регулятора подают напряжение на катушки пускателя, контакты которого находятся в цепи питания двигателя.

5. Выполнение работы

Изучить конструктивные особенности исполнительных механизмов ИМ-2/120 и МЭО - 1.6. Усвоить работу схемы управления исполнительным механизмом и дистанционной передачи положения регулирующего органа (рис. 17).

Собрать схему, после согласования с преподавателем подать на стенд напряжение и проверить работоспособность схемы.

Разработать схему подключения ИМ к регулятору (контактам его реле), предусмотрев при этом и дистанционное (ручное) управление.

6. Содержание отчета

- описание устройства исполнительных механизмов,
- схема управления исполнительным механизмом в автоматическом и дистанционном режимах,
- описание работы схемы.

7. Контрольные вопросы

1. Назначение, устройство исполнительных механизмов.
2. Назначение устройств обратной связи, входящих в состав исполнительных механизмов.
3. Настройка момента срабатывания концевых выключателей исполнительных механизмов.
4. Работа схем управления ИМ.

Литература: [2], с. 148 - 159.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчевский А. Н. Автоматизация процессов обогащения полезных ископаемых. Конспект лекций. Донецк : ДОННТУ, 2019. - 72 с. <http://ea.donntu.org/handle/123456789/34659>
2. Опорный конспект лекций по дисциплине "Основы автоматизации горного производства" [Электронный ресурс] : для специальности 6.05030301 "Обогащение полезных ископаемых" (направление подготовки - "Переработка полезных ископаемых"). Ч.1 : Теоретические основы автоматического регулирования / ГВУЗ "ДонНТУ", Каф. обогащения полезных ископаемых ; сост. В.С. Белецкий. - 657 Кб. - Донецк : ГВУЗ "ДонНТУ", 2012. - 1 файл. - Систем. требования: ZIP-архиватор.
3. Опорный конспект лекций по дисциплине "Основы автоматизации горного производства" [Электронный ресурс] : для специальности 7.090302 "Обогащение полезных ископаемых" (направление подготовки - "Переработка полезных ископаемых"). Ч. 2. : Практика автоматизации обогатительных процессов / ГВУЗ "ДонНТУ", Каф. обогащения полезных ископаемых ; сост. В.С. Белецкий. - 357 Кб. - Донецк : ГВУЗ "ДонНТУ", 2012. - 1 файл. - Систем. требования: ZIP-архиватор.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения	3
1. Общее ознакомление с основными элементами автоматических систем регулирования	4
2. Изучение и исследование преобразователей перемещения	9
3. Изучение средств автоматического контроля уровней сыпучих и жидких сред	12
4. Изучение электронных вторичных приборов	17
5. Изучение весового плотномера ИПВФ	24
6. Определение статических и динамических характеристик объектов регулирования	26
7. Изучение электрических исполнительных механизмов	30
Список литературы	33

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по дисциплине вариативной части учебного плана по выбору вуза
«АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ» для обучающихся уровня профессионального
образования "специалист" по направлению подготовки 21.05.04 "Горное
дело" специализации "Обогащение полезных ископаемых" всех форм
обучения

Составители:

Корчевский Александр Николаевич;

Самойлик Виталий Григорьевич