

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПО ДАВЛЕНИЮ

Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство, принцип действия системы автоматического регулирования (САР) с регулированием по давлению воды в резервуаре.
2. Освоить экспериментальные исследования системы автоматического регулирования по давлению.

1. Объект и средства исследования

На рабочем месте расположена лабораторная установка стенда НТЦ-46 «Автоматизация в водоснабжении и водоотведении», в которой объектом исследования является давление воды в пневматическом баке (резервуар с водой) с указанием уровня воды ($1 \text{ дел} = 4,6 \text{ мм} = 1 \text{ л}$) и насосная установка, включающая центробежный насос с приводным однофазным электродвигателем, являющаяся исполнительным механизмом.

Средствами исследования являются манометр МН типа СВ – 15Г с пределом измерения 1 МПа, скоростной расходомер РА типа СВ -15Г ($Q_n = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$), электронный секундомер, ваттметр РВ (1 дел = 100 Вт).

2. Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения по системам автоматического регулирования по давлению.
2. Ознакомиться с техническими средствами автоматизации, входящими в объект регулирования и регулятора.
3. Собрать электрическую схему лабораторной установки (с её проверкой) для снятия верхнего $P_{в,i}$ и нижнего $P_{н,i}$ порогов срабатывания реле давления, времени работы насосной установки при i – том срабатывании $t_{р,i}$, показаний расходомера: начального $V_{нач,i}$ и конечного $V_{кон,i}$, потребляемой мощности электродвигателя $P_{дв,i}$.
4. Определить исходные данные и рассчитать необходимые величины: объём пневматического бака $V_{б,i}$, среднее значение объёма

бака, заполняемого водой $V_{б.ср}$, средние пороговые значения давлений $P_{в.ср}$ и $P_{н.ср}$, продолжительность опыта $t_{оп}$, средний расход воды $Q_{ср}$ и потребляемую в течение опыта энергию A .

5. Построить по результатам вычислений графическую зависимость $A = f(Q_{ср})$ с её анализом.

6. Построить на основе принципиальной электрической схемы структурную схему системы автоматизации.

3. Рабочее задание

1. Начертить принципиальную электрическую схему лабораторной установки (рис. 3.1) и таблицы 3.1 и 3.2 результатов опытов (измерений и вычислений). Записать характеристики и паспортные величины объекта и средств исследования.

2. Собрать цепь в соответствии со схемой (рис. 3.1) с использованием монтажных проводников и подсоединить её к стенду с фазным напряжением 220В (на схеме монтажные проводники для соединения контактных зажимов изображены утолщённой линией).

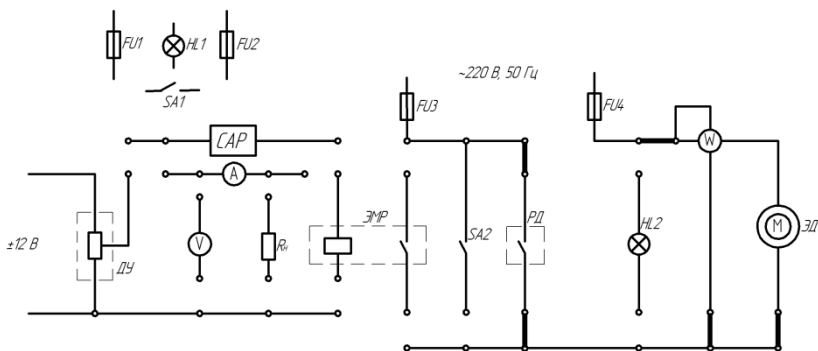


Рис 3.1. Электрическая схема лабораторной установки для исследования характеристик САР с регулированием по давлению

3. Перед снятием любой экспериментальной точки необходимо выполнить следующее. На модуле гидравлического управления закрыть вентили В2, В3 и В5 (закрытие вентиля осуществляется путём вращения маховика управления по часовой стрелке), а вентили В4 и

		установки при i -ом срабатывании и т.р., с	лем $P_{дв.i}$ Вт	начальное $V_{нач.i}$	конечное $V_{кон.i}$	с		течение опыта А, кВт·ч
1	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
2	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

После проведения всех измерений необходимо отключить питание стенда выключателем SA1 «Сеть» и снять перемычки со штекерами (монтажные проводники) с модуля электрического управления.

Для каждого опыта необходимо определить (обработать результаты исследований):

- объём пневматического бака, заполненного водой

$$V_{б.i} = V_{кон.i} - V_{нач.i} \quad (3.1)$$

- среднее значение объёма бака, заполненного водой

$$V_{б.ср} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} V_{б.i}}{3} \quad (3.2)$$

- средние арифметические значения давления верхнего $P_{в.ср}$ и нижнего $P_{н.ср}$ порогов срабатывания реле давления

$$P_{в.ср} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} P_{в.i}}{3} \quad P_{н.ср} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} P_{н.i}}{3} \quad (3.3)$$

где $P_{в.i}$, $P_{н.i}$ – соответственно пороговые значения верхнего и нижнего порогов срабатывания реле давления каждого опыта;

- допустимую погрешность измерения давления манометром

$$\delta = \frac{k \cdot P_{np}}{100} \quad (3.4)$$

где $k = 1,5$ – класс точности манометра;

$P_{пр} = 1$ МПа – верхний предел измерения давления манометром.

4. Провести два опыта при пяти срабатываниях насосной установки в каждом опыте и при различных степенях открытия вентиля В2. В первом опыте вентиль В2 необходимо полностью открыть вращением маховика управления против часовой стрелки.

Включить установку в сеть с помощью выключателя SA1 «Сеть», а выключателем SA2 включить насос. При этом необходимо в каждом опыте зафиксировать начальные показания скоростного расходомера РА $V_{нач.i}$. При проведении опытов насосная установка будет работать в автоматическом режиме и насос начнёт подавать воду в пневматический бак и одновременно в верхний бак (к потребителям). Одновременно с включением насосной установки необходимо с помощью электронного секундомера начать отсчёт времени. Опыт закончить в момент включения в шестой раз насосной установки. При этом следует, нажав кнопку «Счет», остановить секундомер и зафиксировать время опыта $t_{оп}$ и показания скоростного расходомера $V_{кон.i}$. Также при каждом срабатывании насосной установки, необходимо, не останавливая секундомер, фиксировать время работы насосной установки $t_{р.i}$ и мощность, потребляемую электродвигателем при i – ом срабатывании, $P_{дв.i}$ (показания ваттметра умножить на 100). Опыт повторить при частичном закрытии вентиля В2. Если при полностью открытом вентиле В2 насосная установка не отключается, то это означает, что сопротивление сети потребителей низкое и давление на выходе насоса ниже верхнего порогового срабатывания реле давления. При этом пневматический бак частично заполнен водой и опорожняется в верхний бак. Для достижения отключения насосной установки необходимо прикрыть вентиль В2 и добиться заметного увеличения времени, на которое отключается насосная установка между двумя срабатываниями. При этом выполнить второй опыт. Результаты измерений каждого опыта занести в таблицу 3.2.

После проведения всех измерений необходимо отключить питание стенда выключателем SA1 «Сеть» и снять перемычки со штекерами (монтажные проводники) с модуля электрического управления.

Для каждого опыта необходимо определить (обработать результаты исследований):

- средний расход воды (расход, подаваемый насосом в бак Б2 равен потребляемому расходу)

$$Q_{cp} = \frac{V_{кон} - V_{нач}}{t_{оп}} \quad (3.5)$$

- потребляемую в течение опыта энергию

$$A = \sum_{i=1}^{i=5} P_{дв.i} \cdot t_{p.i} \quad (3.6)$$

При вычислении А необходимо значение $P_{дв.i}$ подставлять в кВт, а $t_{p.i}$ – в часах.

Результаты вычислений занести в таблицу 3.2, затем построить графическую зависимость $A = f(Q_{cp})$.

4. Подготовка к выполнению рабочего задания.

1. Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе [1, с.27...44], [2, с.5...18], [3, с.5...59], [4, с.45...63], [5, с.76...81], [6, с.104...113], [7, с.187...189], [8, с.35...55, с.192...211, с.384...390, с.417...426], [9, с.17...29], [10, с.166...174].

2. Записать основные положения по характеристикам средств, входящих в систему автоматического регулирования по давлению.

3. Записать паспортные данные по объекту управления и средствам исследования.

4. Записать формулы для расчётов средних арифметических значений верхнего $P_{в\ ср}$ и нижнего $P_{н\ ср}$ порогов срабатывания реле давления, среднего расхода воды Q_{cp} , потребляемую в течение опыта энергию А, а также определить допустимую погрешность измерения манометром.

5. Контрольные вопросы

1. Зарисовать и объяснить работу принципиальной электрической схемы установки.

2. Описать назначение, устройство и преимущества системы автоматического регулирования по давлению.

3. Описать структурную схему системы автоматизации.

4. Пояснить достоинства и недостатки принципа управления (регулирования) по отклонению (ошибке).

5. Какие устройства входят в состав объекта регулирования и регулятора?

6. По какому параметру осуществляется регулирование?

7. Какие возмущающие и управляющие воздействия действуют на САР?

8. Пояснить графическую зависимость энергии, потребляемой САР, от расхода воды.

6. Основные сведения о назначении, устройстве и принципе действия системы автоматического регулирования (САР) с регулированием по давлению

Системы автоматического регулирования по уровню в водоснабжении применяются в основном в сельской местности при наличии водонапорной башни или другого аналогичного ей подобного резервуара. САР с регулированием по давлению находят применение в основном в городах или в водоснабжении отдельных потребителей.

Разработка любой из систем автоматизации начинается с выбора структуры управления, реализуемой посредством составления, а затем и вычерчивания структурной схемы. Далее разрабатывают функциональные схемы управления, являющиеся основным техническим документом и определяющим функционально – блочную структуру отдельных узлов автоматического управления, регулирования и контроля. На основе разработанных структурных и функциональных схем выполняются принципиальные электрические схемы систем автоматического управления, которые, в свою очередь, служат основанием для разработки монтажных чертежей, схем подключений и соединений.

Используя принципиальную электрическую схему лабораторной установки (рис. 3.1), составим и начертим принципиальную электрическую схему системы автоматического регулирования давления воды в напорном резервуаре (рис. 3.2).

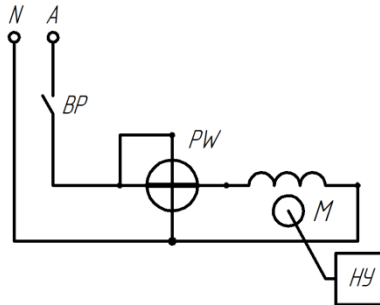


Рис. 3.2. Принципиальная электрическая схема системы автоматического регулирования (САР) давления воды в напорном резервуаре

Схема состоит из реле давления ВР, имеющего первичный измерительный преобразователь мембранного типа с постоянно замкнутыми электроконтактами, которые подключают электродвигатель насосной установки при достижении нижнего порога срабатывания P_n и отключают его при достижении верхнего порога срабатывания P_v электродвигателя М насосной установки НУ. При замыкании контактов реле давления ВР в цепи питания электродвигателя М происходит подключение электродвигателя к сети и срабатывание насосной установки НУ подачи воды в верхний гидробак Б2 стенда. При этом потребляемая электродвигателем энергия определяется по ваттметру РВ.

Структурная схема автоматического регулирования САР с регулированием по давлению с замкнутым контуром регулирования и с регулированием по отклонению представлена на рис. 3.3.

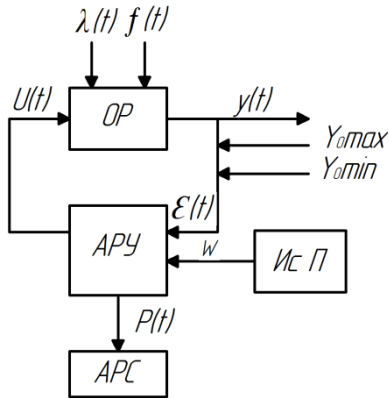


Рис. 3.3. Структурная схема автоматического регулирования САР с регулированием по давлению:

ОР – объект регулирования; АРУ – автоматический регулятор управления; АРС – автоматический регулятор сигнализации; $\lambda(t)$ – нагрузка; $f(t)$ – помеха; $y(t)$ – параметр управления (параметр состояния объекта регулирования), $u(t)$ – управляющее воздействие; $Y_{0\max}$ – задаваемое максимальное значение параметра управления; $Y_{0\min}$ – задаваемое минимальное значение параметра управления; $\varepsilon(t)$ – управляющий сигнал; $P(t)$ – входной параметр АРС; Ис П – источник питания; W – энергия источников питания.

Объектом исследования в данной лабораторной работе является САР с регулированием по давлению. Объектом регулирования служит верхний гидробак стенда Б2, имитирующий пневматический водонапорный бак. При открытии вентиля В6 вода начинает перетекать из верхнего бака Б2 в нижний Б1, тем самым имитируется процесс забора воды из водопроводного резервуара потребителями. Процесс подачи воды в верхний бак Б2 механизирован, так как для этого используется насосная установка. Следовательно, основными устройствами объекта регулирования являются верхний гидробак (водонапорный резервуар) и насосная установка, в состав которой входит центробежный насос подачи воды Джамбо 70/50 –Н, однофазный электродвигатель М переменного тока, запорная арматура, контрольно – измерительные приборы

Применение в обратной связи объекта регулирования ОР автоматического регулятора управления АРУ позволяет автоматизировать процесс управления. В состав АРУ входит реле давления ВР. Реле давления управляет контактами, замыкающими и

размыкающими электрическую цепь управления электродвигателем насосной установки.

Все воздействия, приложенные к элементам системы автоматизации, разделяются на внешние (входные величины) и внутренние. Внешние воздействия, в свою очередь, делятся на возмущающие: нагрузка $\lambda(t)$, помеха $f(t)$ и задающие $y(t)$. Одним из возмущающих воздействий является нагрузка $\lambda(t)$, которой служит расход воды $Q_p(t)$ из бака Б2 (напорного резервуара). Расход воды возникает в том случае, когда потребитель начинает использовать свои потребности в воде. Вторым возмущающим воздействием является помеха $f(t)$, в состав которой входит несколько физических параметров, которые характеризуют конструкцию объекта регулирования, насосной установки, запорной арматуры и водонапорной распределительной системы, а также физические параметры окружающей среды.

Выходным параметром АРУ $y(t)$ является давление $P(t)$. Задающими воздействиями являются воздействия, направленные на регулирование верхнего и нижнего порогов срабатывания реле давления.

Изменение текущего значения давления воды $P(t)$ контролируется реле давления в пределах $Y_{0 \max} = P_v$ и $Y_{0 \min} = P_n$, что соответствует конечному $V_{\text{кон}}$ и $V_{\text{нач}}$ начальному расходу воды через расходомер РА.

Данная САР является одномерной, так как к системе приложена одна входная величина, а регулирование осуществляется по одной выходной регулируемой величине.

Анализируя устройство и рабочий процесс САР давления воды в напорном резервуаре можно установить, что в ней реализуется принцип регулирования по отклонению (принцип Ползунова), который предполагает, что управляющее воздействие $U(t)$ в автоматической системе вырабатывается с учётом информации об отклонении управляемой величины от заданного значения. При этом необходимо измерить значение управляемой величины, сравнить его с требуемым и определить отклонение $\epsilon(t)$, а затем осуществить управление.

Принцип управления (регулирования) по отклонению универсален, характерен не только для технических, но и для биологических систем. Достоинством принципа управления (регулирования) является то, что управляющее воздействие формируется не зависимо от того, какая

причина вызвала отклонение регулируемой величины. Тогда нет необходимости анализировать возмущающие воздействия и выяснять, какое из них привело к отклонению. Недостатком регулирования по отклонению, является то, что управляющее воздействие $U(t)$ формируется только после того, как возникает ошибка $\varepsilon(t)$ в выполнении алгоритма функционирования системы. При использовании этого принципа нельзя добиться высокой точности регулирования.

Характерной чертой автоматических систем, использующих принцип управления по отклонению является наличие обратной связи. Обратная связь соединяет выход системы со входом в виде непрерывного замкнутого контура. По обратной связи информация с выхода системы передаётся на ее вход. Она измеряет ошибку управления $\varepsilon(t)$ и формирует управляющее воздействие $U(t)$. В рассматриваемой САР, обратная связь является отрицательной, поскольку ошибка управления представляет собой разность между заданным и текущим значением управляемой величины, а управляющее воздействие $U(t)$ представляет собой электрический сигнал в виде напряжения, подаваемого на электродвигатель насосной установки.

Источником питания И_с П служит сеть переменного тока напряжением $U_{\phi} = 220$ В, частотой 50 Гц.

Пневматический бак представляет собой резервуар, разделённый упругой диафрагмой, по одну сторону которой находится вода, а по другую – воздух под давлением. Предусмотрена возможность изменения давления воздуха, для чего в корпус пневмобака установлен ниппель с золотником, имеющий такие же присоединительные размеры, как и ниппель с золотником автомобильного колеса. Место установки ниппеля с золотником закрыто резиновой заглушкой. Расход воды из пневматического бака на стенде осуществляется в верхний бак Б2 через трубопровод, в котором установлен вентиль В2 и с помощью которого имеется возможность изменения сопротивления сети потребителя и имитируется система потребления воды.