

# ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПО УРОВНЮ

## Цель работы:

1. Изучить назначение, устройство, принцип действия системы автоматического регулирования уровня воды в резервуаре.
2. Освоить экспериментальные исследования системы автоматического регулирования с регулированием по уровню.

## 1. Объект и средства исследования

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

Средствами исследования являются 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 с регулированием по уровню.
2. Ознакомиться с техническими средствами автоматизации, входящими в объект регулирования и регулятора.
3. Собрать электрическую схему лабораторной установки (с её проверкой) для снятия времени работы насосной установки при  $i$ -том срабатывании  $t_{p \cdot i}$ , потребляемой мощности электродвигателя  $P_{дв \cdot i}$ , показания расходомера: начальное  $V_{нач \cdot i}$  и конечное  $V_{кон \cdot i}$ .
4. Определить исходные данные и рассчитать необходимые величины: 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. Разработать на основании принципиальной электрической схемы структурную схему системы автоматизации.

### 3. Рабочее задание

1. Начертить принципиальную электрическую схему лабораторной установки (рис. 2.1) и таблицу 2.1 результатов опытов (измерений и вычислений). Записать характеристики и паспортные величины объекта и средств исследования.

2. Собрать цепь в соответствии со схемой (рис. 2.1) с использованием монтажных проводников и подсоединить её к стенду с фазным напряжением 220В (на схеме монтажные проводники для соединения контактных зажимов изображены утолщённой линией).

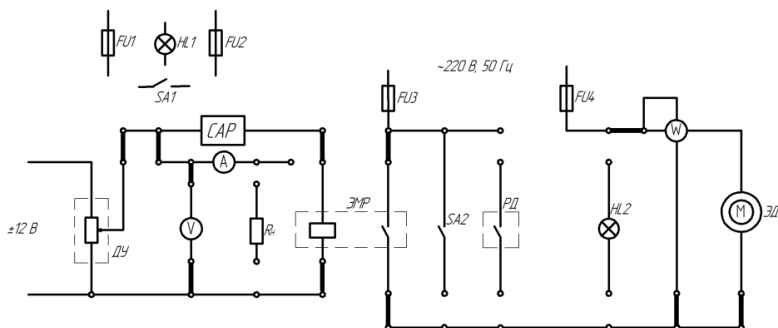


Рис. 2.1. Электрическая схема лабораторной установки для исследования характеристик САР с регулированием по уровню.

3. Перед снятием любой экспериментальной точки необходимо выполнить следующее. На модуле гидравлического управления закрыть вентили В3, В4, В5 путём вращения маховичка управления по часовой стрелке), а вентиль В2 полностью открыть вращением маховичка управления против часовой стрелки, при этом управлении вентилями рекомендуется не прикладывать больших усилий.

Включить установку в сеть с помощью выключателя SA1 «Сеть», а выключателем, установленным на электродвигателе включить насос. При проведении опытов насосная установка будет работать в автоматическом режиме и насос начнёт подавать воду из нижнего бака в верхний бак через скоростной расходомер РА. Провести два опыта

при пяти срабатываниях насосной установки и при различных степенях открытия вентиля В6. В первом опыте вентиль В6 открыть почти полностью, при этом рукоятку управления вентилем необходимо установить почти параллельно оси трубопровода. При этом в каждом опыте необходимо зафиксировать начальные показания скоростного расходомера  $V_{нач.i}$ . Одновременно с включением насосной установки необходимо с помощью электронного секундомера начать отсчёт времени. Опыт закончить сразу же после пятого срабатывания 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). Далее, для достижения отключения насосной установки необходимо прикрыть вентиль В6 и добиться заметного уменьшения расхода воды из верхнего бака в нижний, что будет соответствовать уменьшению забора воды потребителями. Осуществляя настройку вентиля В6, необходимо следить за скоростью уменьшения уровня воды в трубке, установленной в верхнем баке. При этом выполнить второй опыт. Результаты измерений каждого опыта заносить в таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Результаты опытов по определению характеристик САР с регулированием по уровню

Номер опыта	i –ый порядковый номер срабатывания насосной установки	Время работы насосной установки при i –ом срабатывании $t_{р,i}$ , с	Мощность, потребляемая электродвигателем $P_{дв.i}$ , Вт	Показания расходомера, м <sup>3</sup>		Продолжительность опыта $t_{оп}$ , с	Средний расход воды м <sup>3</sup> /с	Энергия, потребляемая в течение опыта А, кВт·ч
				начальное $V_{нач.i}$	конечное $V_{кон.i}$			
1	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
2	1							
	2							
	3							
	4							

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)

$$Q_{cp} = \frac{V_{кон} - V_{нач}}{t_{он}} \quad (2.1)$$

- потребляемую в течение опыта энергию

$$A = \sum_{i=1}^{i=5} P_{дв.i} \cdot t_{p.i} \quad (2.2)$$

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

Результаты вычислений занести в таблицу 2.1, 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],

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

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

4. Записать формулы для расчёта среднего расхода воды  $Q_{cp}$  и потребляемой в течение опыта энергии A.

#### 5. Контрольные вопросы

1. Объяснить работу принципиальной электрической схемы установки.

2. Описать назначение, устройство и преимущества системы автоматического регулирования по уровню.
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 регулировка?
7. Какие возмущающие и управляющие воздействия действуют на САР?
8. Пояснить графическую зависимость энергии, потребляемой САР от расхода воды.

#### **6. Общие сведения о назначении, устройстве и принципе действия САР с регулированием по уровню**

Разработка систем автоматизации начинается с выбора структуры управления, реализуемой посредством составления и вычерчивания структурных схем. Затем разрабатывают функциональные схемы управления, являющиеся основным техническим документом 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.

Однако, для успешного познания сущности и содержания изучаемых различных видов систем автоматизации в учебном процессе следует использовать принципиальные электрические схемы систем автоматизации для выполнения на их основе структурных и функциональных схем с их описанием и вычерчиванием.

Используя принципиальную электрическую схему лабораторной установки (рис. 2.1), составим и начертим принципиальную электрическую схему системы автоматического регулирования (САР) уровня воды в напорном резервуаре (рис. 2.2).

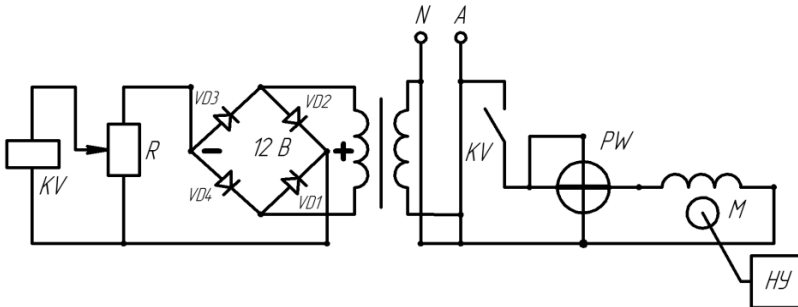


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема системы автоматического регулирования (САР) уровня воды в напорном резервуаре

Схема состоит из потенциметрического измерительного преобразователя  $R$ , чувствительным элементом которого является поплавков, его отклонение преобразуется в унифицированный аналоговый электрический сигнал, а также промежуточного электромагнитного реле  $KV$ , имеющего замыкающие контакты, и электродвигателя  $M$  насосной установки  $НУ$ . При достижении напряжения, снимаемого с потенциометра, до величины срабатывания электромагнитного реле  $KV$  и замыкании его контактов в цепи питания электродвигателя  $M$ , происходит подключение электродвигателя к сети и срабатывание насосной установки подачи воды в верхний гидробак  $B2$  стенда. При этом потребляемая электродвигателем энергия определяется по ваттметру  $PW$ .

Структурная схема автоматического регулирования  $САР$  по уровню с замкнутым контуром регулирования и с регулированием по отклонению представлена на рис. 2.3.

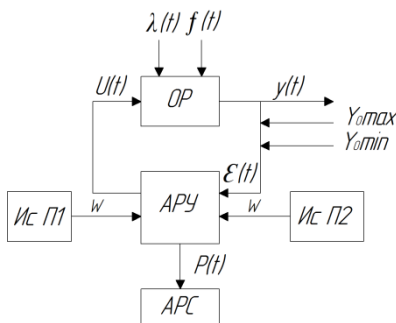


Рис. 2.3. Структурная схема САР с регулированием по уровню:

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;  $Y_{0max}(0min)$  – задаваемое максимальное (минимальное) значение параметра управления;  $e(t)$  – управляющий сигнал;  $P(t)$  – входной параметр АРС;  $I_c$ ,  $\Pi_1$ ,  $I_c$ ,  $\Pi_2$  – источники питания;  $W$  – энергия источников питания.

Объектом исследования в данной лабораторной работе является САР с регулированием по уровню. Объектом регулирования ОР служит верхний гидробак стенда Б2, имитирующий водонапорную башню. При открытии вентиля В6 вода начинает перетекать из верхнего бака Б2 в нижний Б1, тем самым имитируется процесс забора воды из водопроводной башни потребителем. Процесс подачи воды в верхний бак Б2 механизирован, так как для этого используется насосная установка. Таким образом, основными устройствами объекта регулирования являются верхний гидробак (водонапорная башня) и насосная установка, в состав которой входит однофазный электродвигатель М переменного тока номинальной мощностью 1,1 кВт, насос подачи воды Джамбо 70/50 – Н, запорная арматура и контрольно – измерительные приборы.

Применение в обратной связи объекта регулирования ОР автоматического регулятора управления АРУ позволяет автоматизировать процесс управления. В состав АРУ входит потенциометрический измерительный преобразователь поплавкового типа R, установленный в верхнем баке Б2 и электромагнитное реле KV имеющее замыкающие контакты в цепи питания электродвигателя.

Все воздействия, приложенные к элементам системы, разделяются на внешние и внутренние. Внешние воздействия, называемые также входными величинами, в свою очередь, делятся на возмущающие:  $\lambda(t)$  – нагрузка,  $f(t)$  – помеха и задающие:  $x(t)$  – параметр управления. Одним возмущающим воздействием является  $\lambda(t)$  – нагрузка, которой служит расход воды  $Q_p(t)$  из напорного резервуара (бака Б2). Расход воды возникает тогда, когда потребитель начинает обеспечивать свои потребности в воде. Вторым возмущающим воздействием является  $f(t)$  – помеха, в состав которой входит несколько физических параметров, характеризующих внешнюю окружающую среду объекта регулирования, а также физические параметры, которые определяют

конструкцию объекта регулирования, насосной установки, запорной арматуры и водонапорной распределительной системы.

Выходным параметром АРУ  $y(t)$  является уровень воды  $H(t)$ . Изменение текущего значения уровня воды  $H(t)$  контролируется потенциометрическим измерительным преобразователем  $R$  поплавкового типа в пределах

$$X_{0 \max} = H_{\max} \text{ и } X_{0 \min} = H_{\min}, \quad (2.3)$$

что соответствует конечному  $V_{\text{кон}}$  и начальному  $V_{\text{нач}}$  расходу воды через расходомер РА.

Так как к системе приложена одна входная величина, а регулирование осуществляется по одной выходной регулируемой величине, то такую САР называют одномерной. На основе анализа устройства и рабочего процесса САР уровня воды в напорном резервуаре устанавливается, что в данной САР реализуется принцип управления (регулирования) по отклонению (принцип Ползунова). Он 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  $\varepsilon(t)$ .

Принцип управления (регулирования) по отклонению универсален. Он характерен не только для технических, но и для биологических систем. Преимуществом принципа управления (регулирования) является то, что управляющее воздействие формируется не зависимо от того, какая причина вызвала отклонение регулируемой величины. В этом случае 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 выражении алгоритма функционирования системы. При использовании этого принципа нельзя добиться высокой точности регулирования.

Характерная черта автоматических систем, использующих принцип управления (регулирования) по отклонению – наличие обратной связи. Обратная связь – связь, соединяющая выход системы с ее входом в виде непрерывного замкнутого контура. По обратной связи

информация с выхода системы передаётся на ее вход. Она измеряет ошибку управления и формирует управляющее воздействие  $U(t)$ . В рассматриваемой САУ, 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  $И_c П_1$  служит однофазная сеть переменного тока напряжением  $U_\phi = 220В$  для электродвигателя, а источником питания  $И_c П_2$  – понижающий трансформатор и выпрямительный мост для потенциометрического измерительного преобразователя  $R$  и электромагнитного реле  $KV$ .