

Лабораторная работа

ИЗМЕРЕНИЕ И АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ВЕЩЕСТВ

Цель работы: ознакомление с современными средствами автоматического контроля уровня жидкостей, их устройствами и принципами работы, приобретения навыков самостоятельного осуществления процесса регулирования уровня воды в ручном или автоматическом режиме.

Оборудование и приборы: модель водонапорного сооружения с автоматической системой управления с использованием реле уровня РУ-3Э и электронного сигнализатора уровня ЭСУ-2М.

1. Общие сведения

Измерение уровня жидкости и сыпучих материалов одна из частых и значимых задач решаемых при автоматизации технологических процессов, так как позволяет контролировать правильность протекания технологических процессов, поддерживать в случае необходимости постоянство уровня, определять количество жидкости в баках и резервуарах. Свойства измеряемых материалов определяют и конструкцию датчиков уровня, применяемых для этой цели.

Простейшим прибором измерения уровня жидкостей являются указательные стекла, которые действуют как сообщающиеся сосуды.

По способу измерений уровнемеры можно разделить на пять основных группы: поплавковые, гидростатические уровнемеры, действие которых основано на измерении статического давления слоя жидкости или перепада уровней; электрические разных типов, радиоизотопные и ультразвуковые уровнемеры.

Поплавковые уровнемеры (рис. 1,а) получили широкое распространение благодаря простоте устройства. Основным элементом их является поплавок «П», представляющий собой пустотелый сосуд, плавающий на поверхности жидкости.

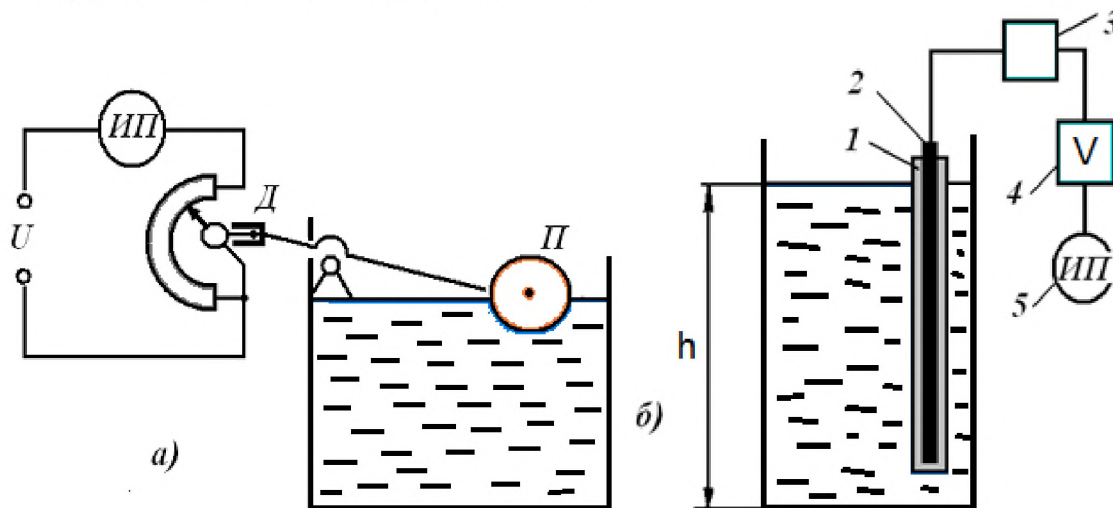


Рис. 1. Схемы уровнемеров:

а) поплавкового с реостатным; б) с емкостными датчиками

Поплавок механически связан с движком *Д* потенциометра. С изменением положения поплавка происходит перемещение движка *Д* потенциометра и меняется напряжение прибора ИП, шкала которого проградуирована в единицах уровня.

Действие **емкостных уровнемеров** основано на определении емкости конденсатора, опускаемого в измеряемую среду. Чувствительным элементом емкостного уровнемера (рис. 1,б) является конденсатор, емкость которого изменяется при изменении уровня жидкости. Чувствительный элемент (датчик) состоит из металлического стержня (электрода) *2*, покрытого изоляционным материалом *1*. Помещенный в определяемую среду, вместе со стенками сосуда он образует конденсатор, емкость которого, зависит от уровня жидкости *h*.

Принцип действия **ультразвуковых уровнемеров** основан на принципе возврата звуковых волн от границы жидкость - воздух (газ). При этом уровень жидкости определяется величиной времени между подачей и приемом измерительного импульса.

Действие **кондуктометрических датчиков уровня** (или электродные уровнемеры), в которых, электроды опущенные в вещество на разных уровнях передают сигнал на вторичный прибор, основано на замыкании или размыкании электрической цепи датчиков уровня через электропроводящую жидкость (рис. 2).

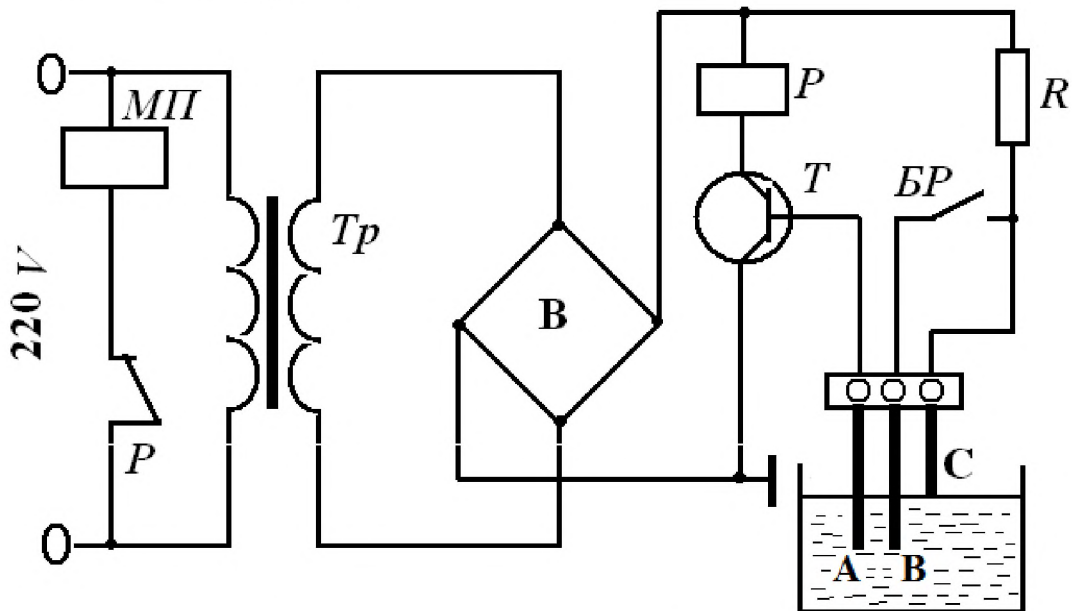


Рис. 2. Регулятор уровня с электродными датчиками

Регулятор состоит из датчика уровня с тремя электродами «А», «В», «С», блоков питания и управления (включающих понижающий трансформатор *Tr*, выпрямитель *Вр*, магнитный пускатель *МП*, электромагнитное реле *P* и транзистор *T*) и электродвигателя насоса (электродвигатель на схеме не указан). Верхний предел уровня задан электродом «С», нижний — «А» и «В». Если уровень воды ниже электрода «С», напряжение на базу транзистора не подается и реле «P» выключено. При этом катушка магнитного пускателя *МП* через размыкающий контакт реле «P» получает питание, включает двигатель насоса и уровень воды повышается. В момент соприкосновения жидкости с электродом «С» цепь базы транзистора замыкается и реле включается. Его блок-контакт *БР* замыкается, а размыкающий контакт «P» разрывает цепь питания магнитного пускателя, который отключает двигатель насоса от сети. Когда уровень воды опускается ниже электродов «А, В», цепь базы транзистора вновь разрывается, реле отключается, его размыкающий контакт включает магнитный пускатель двигателя насоса и цикл повторяется.

Электрические уровнемеры составляют значительную группу приборов, чувствительные элементы которых основаны на преобразовании различных электрических свойств жидкости в соответствующую величину ее уровня. Из электрических уровнемеров наиболее широко применяют электродные устройства.

Электрический электродный сигнализатор уровня типа ЭРСУ-2 предназначен для сигнализации 2...3 уровней. Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис. 3.

Комплект сигнализатора ЭРСУ-2 состоит из трех датчиков (электродов) 1, 2 и 3 (верхнего, нижнего и аварийного) и блока сигнализации 4. Датчик аварийного уровня можно устанавливать либо выше датчика верхнего уровня, либо ниже датчика нижнего уровня.

К каждому отдельному датчику подключается реле постоянного тока, которое служит для контроля одного уровня – нижнего, верхнего и аварийного уровня. На сигнализаторе имеется световая сигнализация контролируемых уровней.

В основу работы прибора заложен принцип электроконтактного датчика, использующий свойства электропроводности среды. Датчики подсоединяются к блоку сигнализации обычным проводом, к каждому датчику прокладывается по одному проводу и один общий провод в качестве

заземляющего резервуар и корпус блока сигнализации. В тех случаях, когда стенки резервуара не могут быть использованы в качестве заземляющего электрода, устанавливают дополнительный электрод, присоединив его к зажиму «Э» релейного блока.

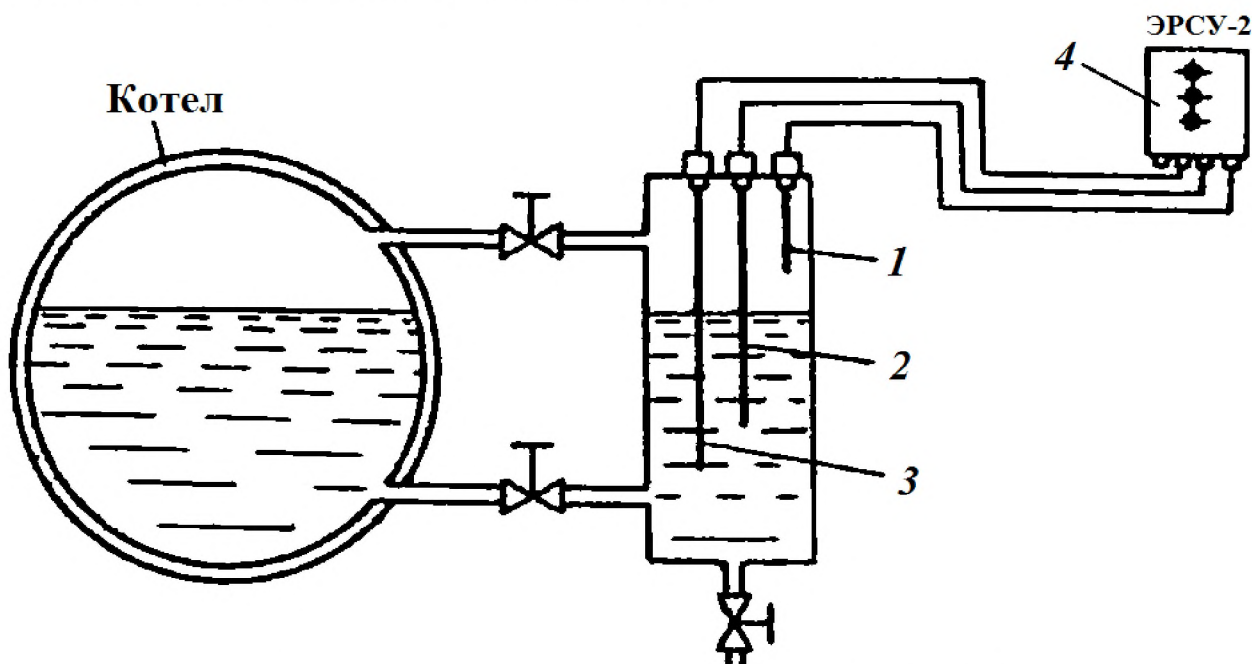


Рис. 3. Электродный сигнализатор уровня типа ЭРСУ-2

Выпускаются также электродные сигнализаторы уровня ЭСУ-1М и ЭСУ-2М, основанные на измерении емкости электрода, изменяющейся в зависимости от уровня воды.

В данной лабораторной работе изучаются устройства, принципы действия и применение наиболее распространенных на практике реле уровня РУ-3Э и электронного сигнализатора уровня ЭСУ-2М.

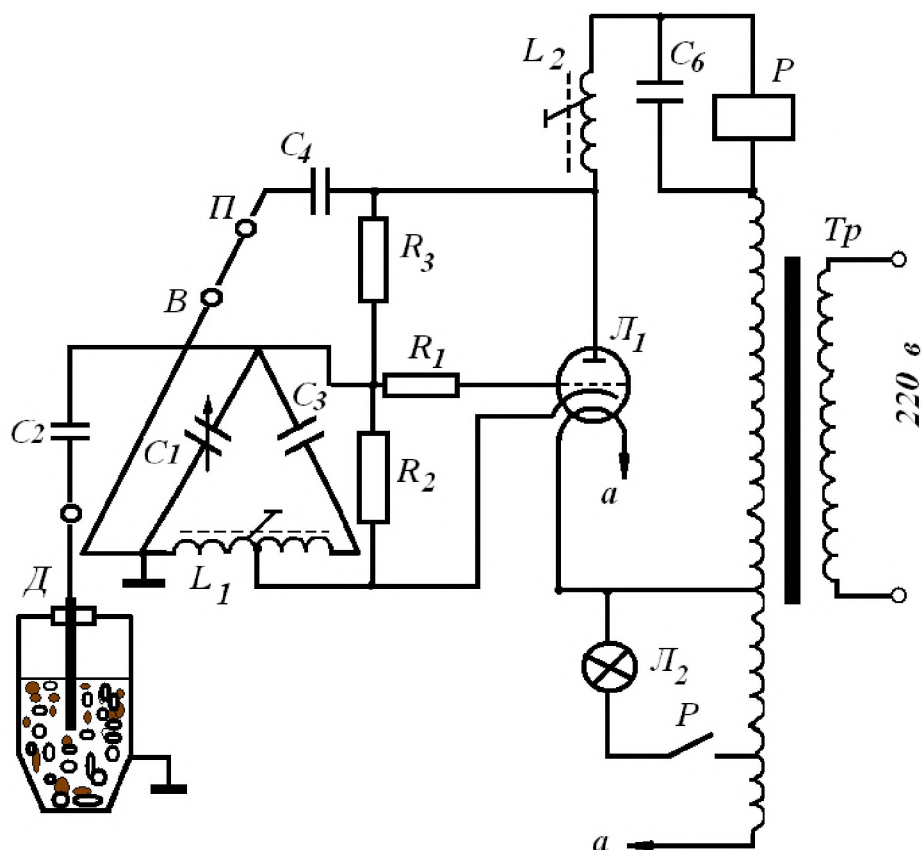


Рис. 4. Принципиальная схема электронного сигнализатора уровня ЭСУ-1М

Электронный сигнализатор уровня ЭСУ-1М (рис. 4) предназначен для контроля одного или двух уровней различных материалов.

Основной частью электронного сигнализатора уровня ЭСУ-1М является ламповый генератор высокочастотных колебаний, собранный на двойном триоде L_1 (6Н6П). В анодную цепь триода включена обмотка реле P . Триод питается от силового трансформатора Tr через обмотку реле и катушку переменной индуктивности L_2 . Между сеткой и катодом лампы L_1 включен колебательный контур состоящий из катушки переменной индуктивности L_2 и конденсаторов C_1 и C_3 . Параллельно конденсатору C_1 включена цепь состоящая из конденсатора C_2 и конденсатора, образованного электродом D и землей. Контур LC настраивают так, чтобы при какой-то начальной емкости конденсатора C_2 и конденсатора электрод D - земля параметры контура соответствовали резонансной частоте колебаний генератора.

При настройке контура в резонансе полное сопротивление контура весьма мала и на нем практически не будет никакого падения напряжения. Так как контур включен между сеткой и катодом триода L_1 , то потенциал сетки почти равен потенциалу катода лампы L_1 заперта и реле P отключено. Когда между электродом D и стенкой резервуара появится материал, то ёмкость конденсатора электрод D – земля изменяется, так как конденсатор C_2 и конденсатор электрод D - земля включены параллельно конденсатору C_1 , то это приводит изменению параметров контура LC . При определенном уровне материала (вещества) в резервуаре происходит срыв резонанса и, как следствие, увеличение полного сопротивления контура LC . Между сеткой, и катодом лампы L_1 появится напряжение, плюс которого подается на сетку. Лампа L_1 открывается, реле P срабатывает и при замыкании его контактов выдается сигнал о достижении материалом определенного уровня. Сигнальная лампа L_2 , включенная на дополнительный отвод вторичной обмотки трансформатора Tr через контакт реле P , сигнализирует о наличии материала в бункере.

Гидростатические уровнемеры измеряют уровень в зависимости от изменения статического давления столба воды. Существует ряд конструкций таких уровнемеров мембранного и сильфонного типа.

Разработана **система телеизмерения уровней ТУ-2-АКХ**, предназначенная для измерения уровня воды в открытых резервуарах систем водоснабжения и канализации. Измерение уровня основано на перемещении чувствительного элемента в виде сильфона под действием гидростатического давления столба воды. В сочетании с фотоэлектронным регулятором ФЭР-1-АКХ телеуровнемер позволяет автоматически регулировать уровень воды.

Значительно труднее измерить уровень сыпучих и кусковых материалов, так как они не образуют горизонтальной поверхности в емкости, поведение их не подчиняется закону Паскаля, эти материалы могут залипать у стенок или образовывать своды, иногда сигналы не проходят через толщу таких материалов, возможны повреждения датчиков при загрузке и разгрузке.

Указанные трудности ограничивают число возможных принципов, которые могут быть использованы для создания таких датчиков.

Принцип действия **радиоизотопных уровнемеров** основан на поглощении γ -лучей веществом различной плотности. Поскольку поглощение γ -лучей жидкостью больше, чем воздухом, по значению поглощения, которое регистрируется приемником излучения, судят об уровне жидкого или твердого сыпучего вещества.

Применение γ -излучений позволяет измерять уровни сыпучего материала или жидкости без непосредственного контакта с ними. Наиболее точными считаются следящие системы. Источником γ -излучений в такой системе (рис. 5) являются Co^{60} или Cs^{137} . Источник γ -излучений «И» и приемник «П» располагаются диаметрально противоположно друг другу относительно емкости с сыпучим материалом или жидкостью. Поток γ -излучений, попадая в приемник, создает ток. Он усиливается усилителем «У» и подается на реверсивный двигатель «М», который посредством механической передачи перемещает одновременно источник и приемник излучения по вертикали так, что они находятся на одном уровне. Вращение двигателя направлено так, чтобы источник и приемник опускались, пока среда в емкости не перекроет поток γ -излучения. Это уменьшит ток приемника, и усилитель подаст управляющее воздействие на реверсирование двигателя. После этого источник и приемник будут перемещаться вверх до тех пор, пока поток γ -

излучений не выйдет из среды в емкости и не попадет на приемник, а двигатель станет вращаться в обратную сторону. Вал двигателя через редуктор связан с указателем, что позволяет иметь визуальную информацию о заполнении емкости.

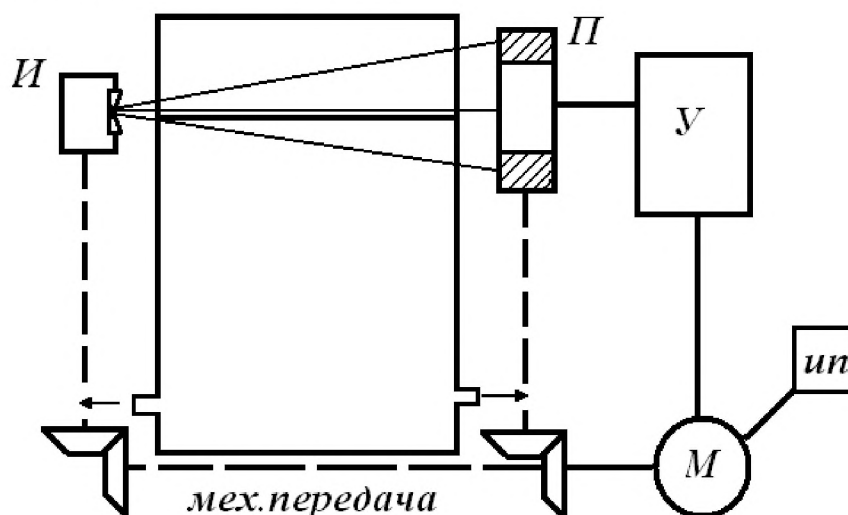


Рис. 5. Принципиальная схема радиоизотопного уравнимера

Датчики уровня сыпучих материалов можно разделить, на два класса. Датчики первого класса предназначены для непрерывного слежения за уровнем материала в емкости. Ко второму классу относятся датчики, дающие сигнал при достижении сыпучими материалами заданного уровня.

Датчики второго класса часто называют реле уровня. Они выдают сигналы при достижении уровнем материала заданного значения.

2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 6) представляет собой модель водонапорного сооружения, состоящего из резервуара с запасом питательной воды 2, водонапорной ёмкости 4, в которую вода подается с помощью электрического водяного насоса 9 управляемого автоматическими уравнимерами 6 и 7.

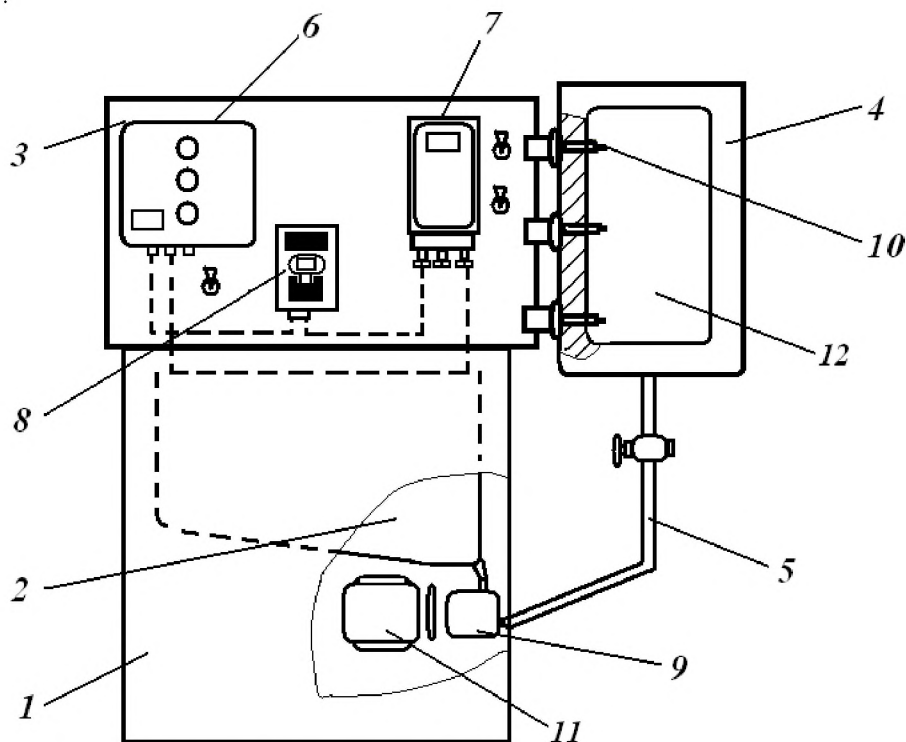


Рис. 6. Общий вид лабораторной установки

На корпусе 1 закреплены панель управления 3 состоящая из электронного сигнализатора уровня ЭСУ-2М (6), реле уровня РУ-3Э (7) и магнитного пускателя 8, а также резервуар с питательной водой 2.

При включении насоса 9 вода из резервуара 2 через шланг 5 подается в водонапорную емкость 4. Установленные в стенке ёмкости 4 датчики 10 служат для сигнализации, поддержания уровня жидкости и управления работой насоса.

Принципиальная схема лабораторной установки показана на рис. 7. Лабораторная установка смонтирована так, что позволяет в отдельности и независимо друг от друга изучить работу реле уровня РУ-3Э и электронного сигнализатора уровня ЭСУ-2М. При установке выключателей BK_1 , BK_2 и BK_3 в положении I работает электронный сигнализатор ЭСУ-2М, в положении II работает реле уровня РУ-3Э. При этом выключатель BK_1 , производит коммутации цепи питания, выключатель BK_2 цепи датчиков, а выключатель BK_3 – цепи управления магнитным пускателем запускающим электродвигатель 11 насоса 9. Водяной насос 9 перекачивает воду из резервуара 2 в емкость 4. Нижний датчик D_0 является общим электродом и необходим для работы реле РУ-3Э. При достижении жидкостью верхнего уровня, т. е. датчика $D_В$ реле уровня или сигнализатор уровня срабатывают и выключают двигатель насоса. При снижении уровня воды до датчика $D_Н$ (нижнего уровня) насос 9 включается и процесс наполнения емкости 4 повторяется. Таким образом, автоматически поддерживается уровень воды в емкости 4 в пределах между датчиками $D_Н$ и $D_В$. Выключатель BK_4 служит для аварийного выключения водяного насоса.

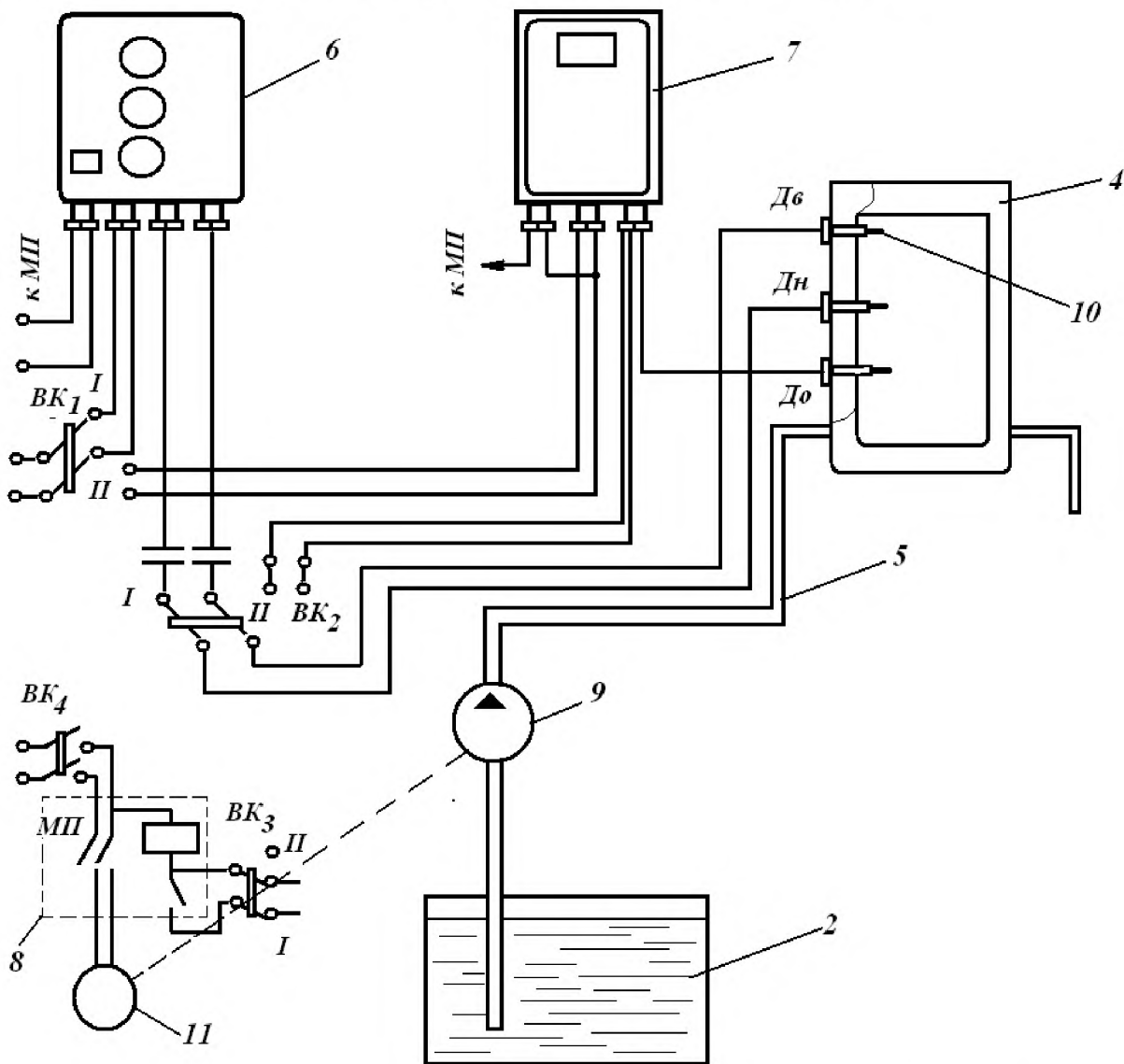


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки

Реле уровня РУ-3Э предназначено для контроля уровня электропроводимых жидкостей и управления подкачивающими насосами. Срабатывание реле уровня происходит при погружении электродов в жидкость 12.

Катушка реле питается от понижающего трансформатора через выпрямитель. Цепь питания реле проходит через жидкость. Контакты реле служат для управления цепью гидравлического насоса и сигнальными лампочками. Когда уровень контролируемой жидкости в баке находится выше верхнего датчика D_B , тогда цепь катушки магнитного пускателя управляющего двигателем насоса обесточена. Если уровень жидкости ниже датчика D_H (нижнего уровня), тогда включается катушка магнитного пускателя 8, которая запускает насос подкачки воды.

Электронный сигнализатор уровня ЭСУ-2М предназначен для контроля одного или двух заданных уровней жидких и сыпучих материалов в различных емкостях.

Принцип работы ЭСУ-2М основан на изменении емкости между двумя обкладками конденсатора при изменении уровня жидкости.

3. Порядок выполнения работы

1) Изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, ознакомиться с описанием лабораторной установки, выяснить цель работы и способы ее достижения, ознакомиться с последовательностью выполнения работы.

2) Включить лабораторную установку в сеть, установить тумблеры в положение изучаемого уровнемера (ЭСУ-2М или РУ-3Э) по заданию руководителя.

3) Включить сетевой тумблер, дать прибору прогреться 5...10 мин.

4) Включит тумблер BK_4 магнитного пускателя и изучить работу установки в автоматическом режиме. При этом определить:

а) время первоначального заполнения водонапорной емкости до верхнего датчика $T_{ЗАП}$;

б) время снижения уровня жидкости от верхнего датчика до нижнего T_C ;

в) время повышения уровня от нижнего датчика до верхнего $T_{П}$;

г) фактическое значение верхнего H_B и нижнего H_H уровней жидкости в моменты срабатывания датчиков (включения и выключения насоса подачи воды);

д) измерения по пунктам а, б, в (T_C , $T_{П}$, H_B , H_H) повторить 3...6 раз в процессе автоматического срабатывания уровнемеров, данные записать в таблицу 1;

е) провести статистическую обработку полученных результатов.

5) Составить логическое уравнение, определяющее последовательность включения насоса подачи воды в зависимости от срабатывания датчиков верхнего и нижнего уровней. По этому уравнению составить электроконтактную схему управления двигателем насоса.

б) Оформить отчет.

Таблица 1

Наблюдаемый параметр	1	2	3	4	5	6	Среднее значение
$T_C, \text{сек}$							
$T_{П}, \text{сек}$							
$H_B, \text{м}$							
$H_H, \text{м}$							

По полученным данным определяем средние значения и средне квадратичное отклонение каждой из величин по формулам

$$X_{cp} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X_{cp})^2 + (X_2 - X_{cp})^2 + \dots + (X_n - X_{cp})^2}{n-1}} \quad (2)$$

где n – число опытов.

Через X обозначены в общем виде измеряемые параметры T_C, T_L, H_B, H_H .

Пользуясь критерием Стьюдента находят ошибку определения измеряемых величин.

$$\Delta X = \pm t_{p,n-1} \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

где $t_{p,n-1}$ – коэффициент Стьюдента для заданной доверительной вероятности P и числа опытов n . Для данной работы можно принять $P = 0,95$

Таблица 2

Коэффициент Стьюдента

$n-1$	P		
	0,9	0,95	0,99
1	6,31	17,71	63,6
2	2,92	4,30	9,93
3	2,35	3,18	5,84
4	2,13	2,78	4,60
5	2,02	2,57	4,03
6	1,94	2,45	3,71
7	1,90	2,37	3,5
8	1,83	2,26	3,36

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) Название и цель лабораторной работы.
- 2) Назначение, принцип действия заданного сигнализатора уровня, электрические схемы.
- 3) Порядок проведения лабораторной работы с перечислением этапов.
- 4) Таблицу с результатами измерений и вычислений эксперимента.
- 5) Логические уравнения последовательности включения насоса в зависимости от срабатывания датчиков, электрическую схему управления.
- 6) Выводы.

5. Контрольные вопросы.

- 1) На какие основные виды подразделяются уровнемеры по способу измерения?
- 2) На чем основан принцип действия емкостных преобразователей уровня?
- 3) Какой величиной определяется уровень жидкости при использовании ультразвукового уровнемера?
- 4) На чем основан принцип действия кондуктометрических (электродных) преобразователей уровня?
- 5) На чем основан принцип действия радиоизотопных датчиков уровня?
- 6) Пояснить устройство и принцип действия электронного сигнализатора уровня ЭСУ-1М?