

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра водоснабжения и водоотведения

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к лабораторным работам по курсу
«Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения» для студентов
направления подготовки 08.03.01, профиль «Водоснабжение
и водоотведение»

Казань
2016

УДК 621.38

ББК 32.85

Д79

Д79 Основы промышленной электроники: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения» для студентов направления подготовки 08.03.01, профиль «Водоснабжение и водоотведение» / Сост. В.А. Дубяго. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. – 19 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского отдела Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях изложен порядок проведения лабораторных работ по курсу «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения», обработки опытных данных, дано описание лабораторных установок и определены меры безопасности при проведении лабораторных работ.

Методические указания составлены для студентов направления подготовки 08.03.01. «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение».

Табл. 2; илл. 5; библиогр. 6 наименов.

Рецензент

Доцент кафедры теплоэнергетики газоснабжения и вентиляции
Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В.Н. Енюшин

УДК 621.38

ББК 32.85

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2016

© Дубяго В.А., 2016

Общие положения

Данные методические указания предназначены студентам IV курса очной и V курса заочной форм обучения направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение», для проведения лабораторных работ по курсу «Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения».

Целью данных лабораторных работ является:

- знакомство с устройством и принципом работы лабораторных стендов с промышленной электроникой;
- изучение применения функций алгебры логики в системах автоматического управления технологическими процессами систем водоснабжения и водоотведения;
- составление логических схем управления из базовых элементов Микроэлектроники.

Для проведения лабораторных работ оборудовано шесть стендов:

- 1 – исследование и синтез логических схем автоматики на релейных элементах;
- 2 – исследование и синтез логических схем автоматики на элементах микроэлектроники;
- 3 – электронный автоматический мост;
- 4 – изучение фотоэлементов и фотореле, применяемых в системах ВиВ;
- 5 – микропроцессорные средства обработки сигналов;
- 6 – цифровые счетчики импульсов.

Перед проведением каждой лабораторной работы необходимо:

- изучить устройство лабораторного стенда
- ознакомиться с правилами работы на стендах и с техникой безопасности при работе на них.

1. Исследование логических схем на релейных элементах

В водоснабжении и водоотведении (ВиВ) в настоящее время широко применяются системы автоматического управления (САУ) промышленным оборудованием. САУ представляют собой сложные электронные устройства, с помощью которых осуществляется технологический контроль, сигнализация и управление технологическим оборудованием.

Автоматика осуществляет включение и отключение магнитных пускателей электроприводов исполнительных механизмов в соответствии с командными сигналами, получаемыми от преобразователей неэлектрических величин: реле давления, конечных выключателей, датчиков уровня, датчиков температуры и др. Системы автоматического управления состоят из электронных устройств, а в самих устройствах нашли широкое применение логические микросхемы, действующие по математическим законам алгебры логики. При этом входные и выходные сигналы электронных устройств на логических микросхемах могут принимать только два фиксированных значения: «0» – отключено и «1» – включено, что позволяет при проектировании схем управления применять раздел математики – алгебру логики.

Всем электронным устройствам и механизмам (магнитным пускателям, реле давления, датчикам уровня, ограничителям хода, исполнительным механизмам), образующим систему автоматического управления, присваиваются тоже два фиксированных значения. Включенному состоянию соответствует значение логической «1», а выключенному состоянию соответствует значение логической «0», и эти значения состояний называются логическими переменными.

САУ описываются логическими функциями, а комбинации входных логических переменных в логических функциях называются наборами. В простейшей схеме число наборов для функции одной переменной равно двум, а для двух переменных равно четырем и для $n = 2^n$.

Лабораторный стенд № 1 предназначен для выполнения лабораторной работы по изучению основных законов и функций алгебры логики и моделированию элементов систем автоматического управления на электромагнитных реле.

Стенд выполнен в настольном исполнении и представляет собой металлический каркас, на котором смонтирован электрический щит со съемной панелью (рис. 1), на внутренней стороне которой установлены пять электромагнитных реле К1- К5 типа РЭ22.

Электрическое питание стенда осуществляется от сети переменного тока 220В.

Переменное напряжение 220В опасно для жизни! Студентам категорически запрещается разбирать стенд и регулировать блок питания!

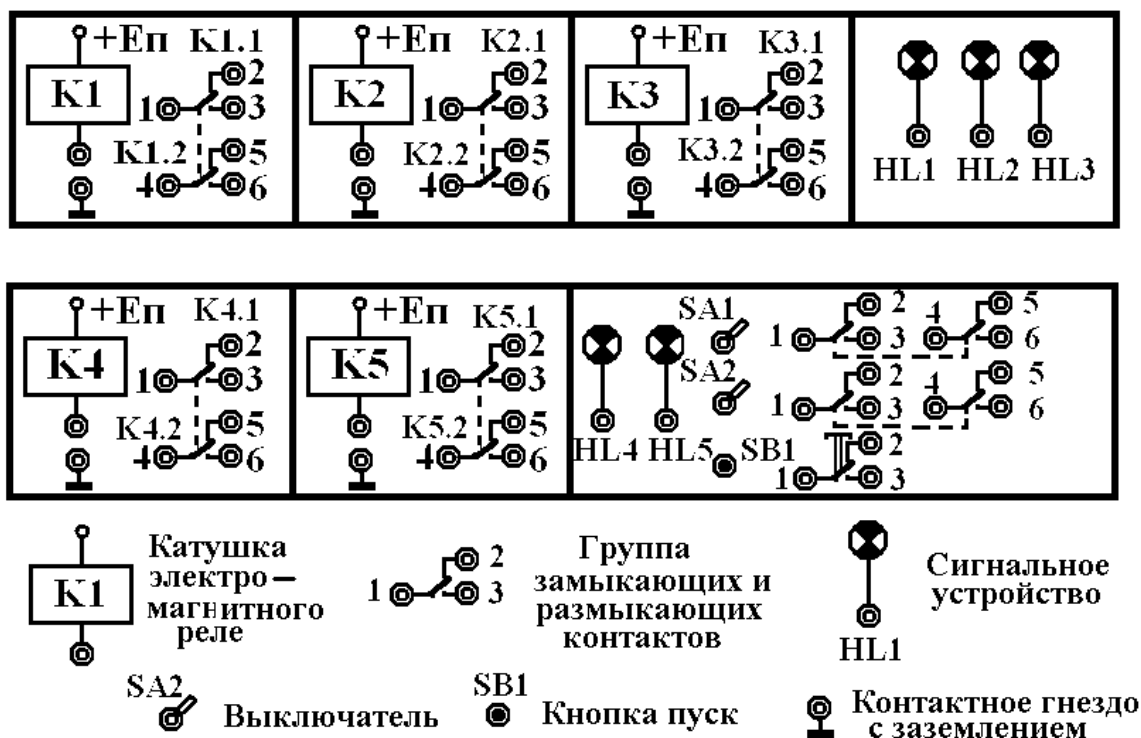


Рис. 1. Внешний вид съемной панели стенда № 1

Питание катушек электромагнитных реле К1-К5 и съемных панелей стенда осуществляется постоянным током с безопасным пониженным напряжением от электрического блока питания. Блок питания расположен внутри стенда за правой защитной панелью и представляет собой понижающий силовой трансформатор, выпрямитель с фильтром и электронный стабилизатор напряжения.

Блок питания позволяет получить на выходе постоянный ток с пониженным напряжением:

1 – стабилизированное напряжение – $5\text{v} \pm 3\%$, с током нагрузки I_n до 2,5А для питания электронных схем на микросхемах;

2 – напряжение – $24\text{v} \pm 10\%$ с током нагрузки I_n до 1А для питания релейных схем.

Панель с электромагнитными реле подключена к блоку питания с помощью кабеля и штекерных разъемов ШР. Катушки электромагнитных реле К1-К5 верхним выводом припаяны к шине источника питания (+Еп), нижним к контактному гнезду, которое проводниками соединяется с общим проводом источника питания (земля) через группы контактов реле, тумблеры SA, кнопки SB коммутирующих цепь питания и являющимися набором логических переменных (a_1, a_2, a_3) логической функции ($f(z)$)

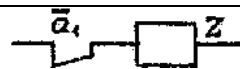
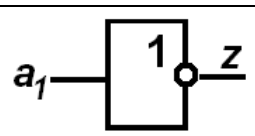
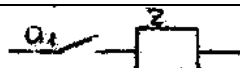
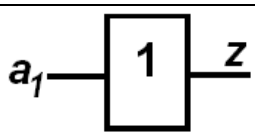
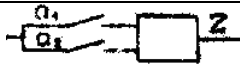
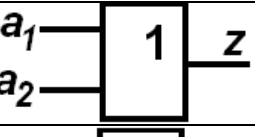
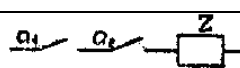
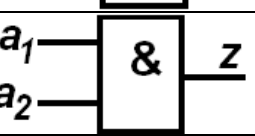

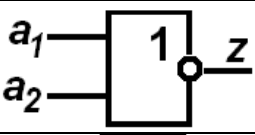
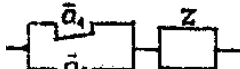
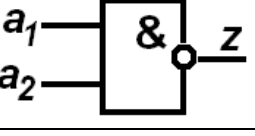
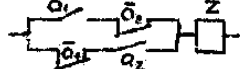
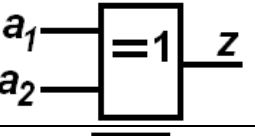
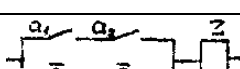
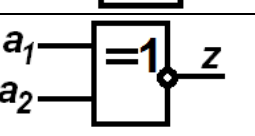
катушки реле. Коммутация осуществляется через контактные гнезда соединительными проводниками с однополюсными вилками.

Для световой индикации включения реле К1-К5 на съемной панели установлено пять световых сигнальных устройств обозначенных НЛ1-НЛ5.

Собранные на электромагнитных реле К1-К5 релейно-контактные схемы позволяют наглядно представить структуру исследуемого автоматического управляющего устройства, где связь выходной переменной (функции – $f(z)$) с входными переменными (аргументами – a_1, a_2, a_3) описана логическими алгебраическими выражениями, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Основные логические функции

№	Функция	Структурная формула	Контактная схема	Условное обозначение
1	Инверсия «НЕ»	$f_1(z) = \bar{a}_1$		
2	Повторитель	$f_2(z) = a_1$		
3	Дизъюнкция «ИЛИ»	$f_3(z) = a_1 \vee a_2$		
4	Конъюнкция «И»	$f_4(z) = a_1 \cdot a_2$		
5	Функция ИЛИ-НЕ (стрелка Пирса)	$f_5(z) = \overline{a_1 \cdot a_2}$ $f_5(z) = \bar{a}_1 \vee \bar{a}_2$		
6	Функция И-НЕ (штрих Шеффера)	$f_6(z) = \overline{\bar{a}_1 \vee \bar{a}_2} = a_1 \cdot a_2$		
7	Неэквивалентность (исключающее ИЛИ)	$f_7(z) = a_1 \cdot \bar{a}_2 \vee \bar{a}_1 \cdot a_2$		
8	Эквивалентность (исключающее ИЛИ-НЕ)	$f_8(z) = a_1 \cdot a_2 \vee \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2$		

Для исследования релейно-контактных схем необходимо применять следующие правила:

- проводимость разомкнутого контакта считать равной «0»;
- проводимость замкнутого контакта считать равной «1»;
- замыкающему контакту соответствует переменная a_i без инверсии;
- размыкающему контакту соответствует переменная с инверсией \bar{a}_i ;
- дизъюнкции переменных $a_1 \vee a_2$ соответствует параллельное соединение контактов реле;
- конъюнкции переменных $a_1 \cdot a_2$ соответствует последовательное соединение контактов реле.

1. С помощью набора проводников скоммутировать реле, группы контактов и световые сигнальные устройства, согласно схемам основных логических функций, приведенных в табл. 1. и исследовать их работу.

2. Составить и заполнить табл. 2 состояний исследуемых логических элементов.

Таблица 2

Состояния логических функций (истинности)

a_1	a_2	a_3	$f(z)$

3. Составить схему простейшего логического автомата двухпозиционного регулятора уровня жидкости.

4. Составить заданную преподавателем логическую функцию и экспериментально проверить ее работу.

2. Исследование логических схем микроэлектроники

Лабораторный стенд № 2 предназначен для выполнения лабораторной работы по изучению основных законов и функций алгебры логики и моделированию элементов систем автоматического управления на логических микросхемах, синтезу и исследованию различных типов триггеров.

Стенд выполнен в настольном исполнении и представляет собой металлический каркас, на котором смонтирован электрический щит со

съемной панелью (рис. 2), на внутренней стороне которой установлены логические элементы ТТЛ микросхем серии К155.

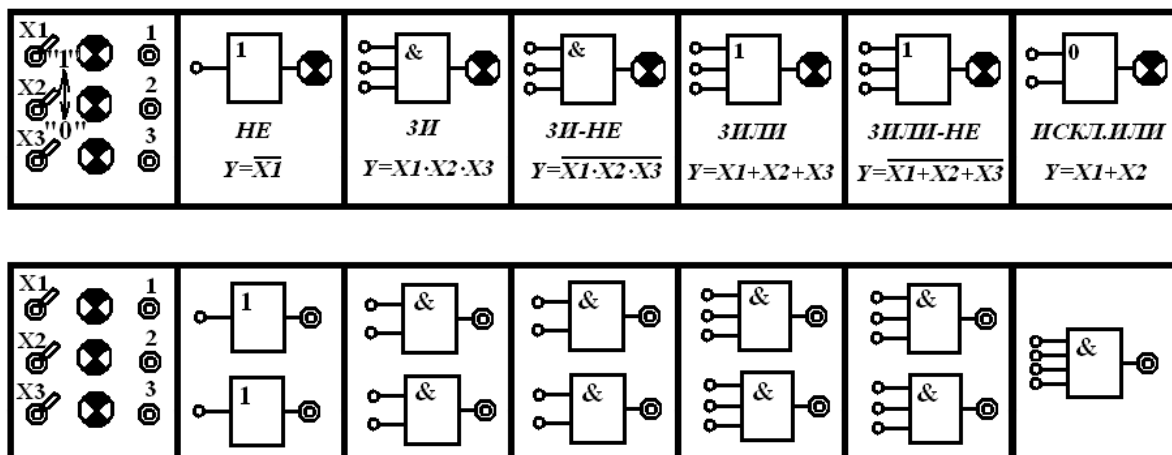


Рис. 2. Внешний вид съемной панели стенда № 2

Для световой сигнализации наличия сигнала логической единицы на выходе микросхемы установлены сигнальные устройства на светодиодах АЛ307БМ.

В левой части панели расположены тумблеры для установки логических значений (0, 1) входных переменных. Общее число входных переменных (набор) – от 1 до 3.

Коммутация электрических цепей микросхем осуществляется через контактные гнезда внешними соединительными проводами с однополюсными вилками из комплекта лабораторного стенда.

Микросхемы расположены на монтажных платах с обратной стороны съемной панели. Для питания микросхем подается стабилизированное напряжение $U_{\text{питания}} = 5\text{v}$ от блока питания. На лицевой панели расположены сигнальные устройства, выключатели и контактные гнезда.

Набор микросхем и соединительные провода входящие в комплект стенда № 2 обеспечивают возможность синтезировать сложные логические схемы из отдельных логических элементов и моделировать элементы автоматических систем управления.

Рекомендуемый порядок выполнения работы следующий:

- меняя значение логических входных сигналов (0, 1) наборов (a_1, a_2, a_3) исследовать работу основные логические ТТЛ, микросхема серии К155;
- составить и заполнить табл. 2 для основных логических элементов: НЕ, ЗИ, ЗИ-НЕ, ЗИЛИ, ЗИЛИ-НЕ, Исключающее ИЛИ;
- синтезировать предложенную преподавателем логическую функцию и экспериментально проверить ее работу.

3. Микропроцессорные средства обработки сигналов

Под микропроцессорными средствами обработки сигналов понимают функционально законченные устройства цифровой обработки информации, реализованные в виде одной или нескольких БИС. Микропроцессорные средства возникли в результате развития технологии интегральных схем и вычислительной техники. По сути, микропроцессор – это устройство, состоящее из нескольких БИС, которые выполняют функции процессора ЭВМ, поэтому микропроцессорные средства используют те же принципы построения, что и ЭВМ. Вместе с тем уровень развития полупроводниковой технологии вносит свои коррективы в эти принципы.

При построении современных микропроцессорных средств используют следующие принципы: микропрограммное управление, модульность построения, магистральный обмен информацией и наращивание вычислительной мощности.

Рассмотрим их на примере цифрового манометра ДМ5001. Прибор предназначен для измерения избыточного и вакуумметрического давления различных сред и выдачи кода давления в виде унифицированного электрического сигнала по току, а так же для управления внешними электрическими цепями.

По защищенности от воздействия окружающей среды прибор в соответствии с ГОСТ 12997-84 имеет исполнение: по устойчивости к атмосферным воздействиям – защищенное от проникновения внутрь твердых предметов и воды; по устойчивости к воздействию агрессивных сред – обыкновенное.

Контролируемые среды: неагрессивные некристаллизующиеся жидкости, газы и пары, в том числе кислород. По защищенности от проникновения твердых частиц, пыли и воды приборы соответствуют степени защиты IP65 по ГОСТ 14254-96.

Технические характеристики прибора:

- Выходной сигнал – постоянный ток (4 – 20) мА или (0 – 5) мА.
- Линия связи трехпроводная.
- Питание приборов ДМ5001 осуществляется от источника напряжения постоянного тока (24 ±4) В или (36 ±2) В.
- Соединение приборов с трубопроводом контролируемой среды – штуцер с резьбой М 20Ч1,5-8g по ГОСТ 2405-88.
- Класс точности приборов 1,0.
- Сигнализирующее устройство прибора ДМ5001Г управляет внешними устройствами, гальванически развязано относительно цепи питания прибора и имеет исполнения III (два размыкающих

контакта), IV (два замыкающих контакта), V (контакт min размыкающий, max – замыкающий), VI (контакт min замыкающий, max – размыкающий) по ГОСТ 2405-88. Максимальное значение тока управления – 5 А. Максимальное значение напряжения управления – 250В переменного тока; – 30В постоянного тока.

- Диапазон срабатывания (уставок) сигнализирующего устройства приборов ДМ5001Г от 5% до 95 % диапазона измерений. Минимальная разность между уставкой min и max не более 2% диапазона измерений.
- Предел допускаемой основной погрешности показаний и срабатывания сигнализирующего устройства не более 1,0% для приборов класса 1,0 и не более 0,5% для приборов класса 0,5.
- Средний срок службы приборов не менее 8 лет.
- Потребляемая мощность приборов не более 3,6 В·А.
- Масса приборов не более 1,2 кг.

Прибор выполнен в корпусе диаметром 100 мм, внутри которого размещены: манометрический держатель с закрепленными на нем ферритовым стержнем и катушкой индуктивности; электронная плата преобразователя и блока индикации.

На передней панели размещены органы управления, предназначенные для корректировки метрологических характеристик прибора и управления сигнализирующим устройством.

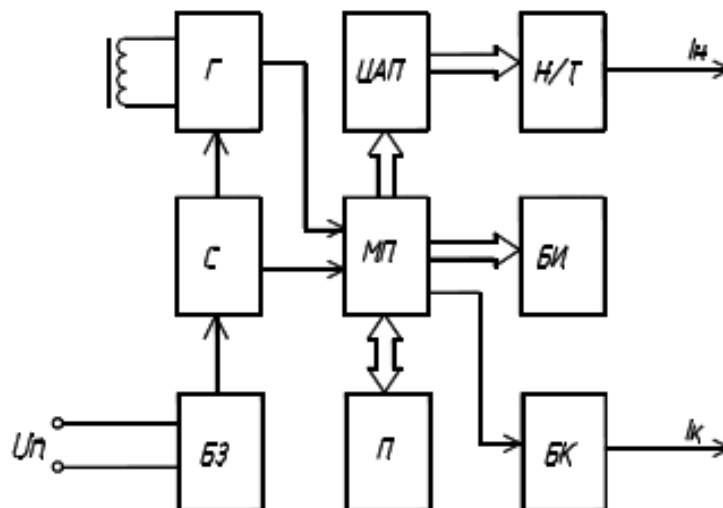


Рис. 3. Структурная схема прибора ДМ5001:

Г – генератор; МП – микропроцессор; П – память; БЗ – блок защиты; С – стабилизатор напряжения; ЦАП – цифроаналоговый преобразователь; Н/Т – преобразователь «напряжение-ток»; БИ – блок индикации; БК – блок коммутации

Принцип действия приборов основан на уравнивании контролируемого давления силами упругой деформации чувствительного элемента (манометрической пружины – трубки Бурдона). Манометрическая пружина одним концом жестко крепится к штуцеру, а другой конец имеет возможность свободно перемещаться под воздействием контролируемого давления. На свободно перемещающемся конце пружины закреплен ферритовый сердечник, а на держателе катушка индуктивности. Под воздействием давления измеряемой среды изменяется положение ферритового стержня относительно катушки, что приводит к изменению индуктивности катушки и, соответственно, изменению частоты генератора (Г).

Выходной сигнал генератора поступает на вход микропроцессора (МП), выполняющего следующие функции: вычисление текущего значения частоты, данных с учетом предварительной калибровки, данные о которой хранятся в блоке памяти (П), управление четырехразрядным светодиодным индикатором, а так же в приборах ДМ5001Г сравнение текущего значения кода с кодом уставки и выдачу сигнала управления на блок коммутации (БК). Микропроцессор выдает цифровой код на цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), напряжение с которого поступает на преобразователь «напряжение-ток» (Н/Т), обеспечивающий нормированное значение выходного сигнала.

Цепь питания прибора состоит из интегрального стабилизатора напряжения (С) и блока защиты (БЗ), который защищает прибор от неправильной полярности напряжения питания.

Эксплуатационные ограничения

Приборы должны подключаться к магистрали, значение давления в которой не превышает значения, указанного в маркировке приборов.

Меры безопасности при подготовке изделия источником опасности при монтаже и эксплуатации прибора являются электрический ток и давление измеряемой среды. Устранение дефектов прибора, присоединение и отсоединение его от магистрали, подводящей измеряемую среду, должно производиться при отсутствии давления в магистрали и отключенном электрическом питании.

Правила и порядок подготовки прибора

При подготовке приборов к работе необходимо подключить прибор к электрической цепи, согласно схеме подключения.

Использование прибора

Для работы приборов необходимо выполнить следующие операции. Подать напряжение питания от внешнего источника питания. Прибор готов к работе через 5 минут после подачи питания. Снять отсчет показаний текущего значения давления по цифровому индикатору

прибора. Измерить выходной ток прибора миллиамперметром, включенным последовательно с сопротивлением нагрузки или вольтметром, подключенным параллельно сопротивлению нагрузки. Подсчитать измеряемое давление по формуле:

$$P = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \times P_{max}, \quad (1)$$

где P – измеряемое значение давления, МПа (кгс/см^2);

P_{max} – верхний предел диапазона измеряемого давления, МПа (кгс/см^2); I_{max} , I_{min} , I – максимальное, минимальное и измеренное значения выходного тока, мА.

При измерении напряжения вычислить выходной ток по формуле:

$$I = U / R, \quad (2)$$

где U – измеренное напряжение В;

R – значение сопротивления нагрузки, Ом.

Калибровка прибора

Функциональные возможности прибора позволяют в процессе эксплуатации изменять его параметры, введенные на предприятии-изготовителе (исполнение контактного устройства, значения уставок min и max), и провести коррекцию его метрологических характеристик (провести коррекцию показаний прибора при отсутствии избыточного давления или во всем рабочем диапазоне измерения).

В приборе созданы две версии его настроек (рабочая и резервная). Все изменения потребитель вносит в рабочую версию настроек и, в случае его ошибочных действий, всегда может вернуться к настройкам предприятия-изготовителя (резервная версия). Однако в приборе имеется возможность изменить и резервную копию. В этом случае восстановить настройки предприятия-изготовителя невозможно и вся ответственность за неправильное функционирование прибора переходит к потребителю.

Изменение значений параметров прибора, установленных предприятием-изготовителем (корректировка рабочей версии настройки). Потребитель имеет возможность изменить значения установленных на предприятии-производителе параметров в процессе работы в следующем объеме:

- выбрать исполнение контактного устройства в соответствии – изменить значения уставок min и max ;
- провести коррекцию «нуля» прибора;
- восстановить исходные параметры, установленные производителем.

Исходное состояние прибора для проведения указанных выше операций: прибор подключен к внешним устройствам в соответствии со

схемой приложения Г, включен источник питания и прибор находится в режиме индикации измеряемого давления

Выбор исполнения контактного устройства. Нажать и удерживать в течение 2 с кн. «ВВОД». На индикаторе появится символ «УСП» – изменение исполнения контактов. Нажать кн. «ВВОД». Нажатием кн. «↑» выбрать исполнение контактного устройства из ряда: 3, 4, 5, 6. Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе вновь появится символ «УСП». Исполнение контактного устройства выбрано.

Для перехода к следующей операции нажать кн. «↑». На индикаторе появится символ «УС». 2.4.2.3 Изменение значений уставок. На индикаторе символ «УС». Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится символ «УС01» (уставка минимум). Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится численное значение уставки. Кн. «↓» или «↑» выбрать требуемое значение уставки. Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится символ «УС01». Нажать кн. «↑». На индикаторе появится символ «УС02» (уставка максимум). Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится численное значение уставки. Кн. «↓» или «↑» выбрать требуемое значение уставки. Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится символ «УС02». Нажать кн. «↑». На индикаторе появится символ «ВЫХ». Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится символ «УС». Изменение уставок проведено.

Для перехода к следующей операции нажать кн. «↑». На индикаторе появится символ «-0-». 2.4.2.4 Коррекция «нуля» прибора. На индикаторе символ «-0-». Убедиться, что на прибор не воздействует давление измеряемой среды! Нажать кн. «ВВОД». На индикаторе появится символ «0000» в «мигающем» режиме. Для сохранения результатов коррекции следует нажать и удерживать кн. «ВВОД» до тех пор, пока не прекратится «мигание» символов индикатора. Коррекция «нуля» прибора проведена. Прибор находится в режиме индикации измеряемого давления.

Рекомендуемый порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить техническое описание и руководство пользователя прибором ДМ5001, зарисовать структурную схему прибора.
2. Подключить прибор к источнику питания постоянного тока Б5-49 и к трубопроводу системы подачи сжатого воздуха лаборатории Б-19.
3. Включить прибор согласно руководства пользователя и произвести изменение значения уставок, установив их в следующих пределах $\min = 1,0 \text{ кгс/см}^2$ и $\max = 1,5 \text{ кгс/см}^2$.
4. Включить компрессор и контролировать по прибору ДМ5001 изменение давления воздуха в трубопроводе, записать показания

образцового манометра МО-1, установленного на воздуховоде в момент срабатывания прибора ДМ5001 по нижнему и верхнему значению уставок.

5. Результаты измерений записать в таблицу, определить погрешность измерений в процентах.

6. Нарисовать принципиальную электрическую схему управления компрессором с регулирующим элементом прибором ДМ5001.

4. Автоматическое измерение уровня жидкости с цифровой индикацией

Лабораторная установка для измерения уровня жидкости и сыпучих материалов относится к классу электромеханических уровнемеров. Электронный блок устройства собран на интегральных микросхемах серии К155, а показания уровня высвечиваются катодными цифровыми лампами ИН-8.

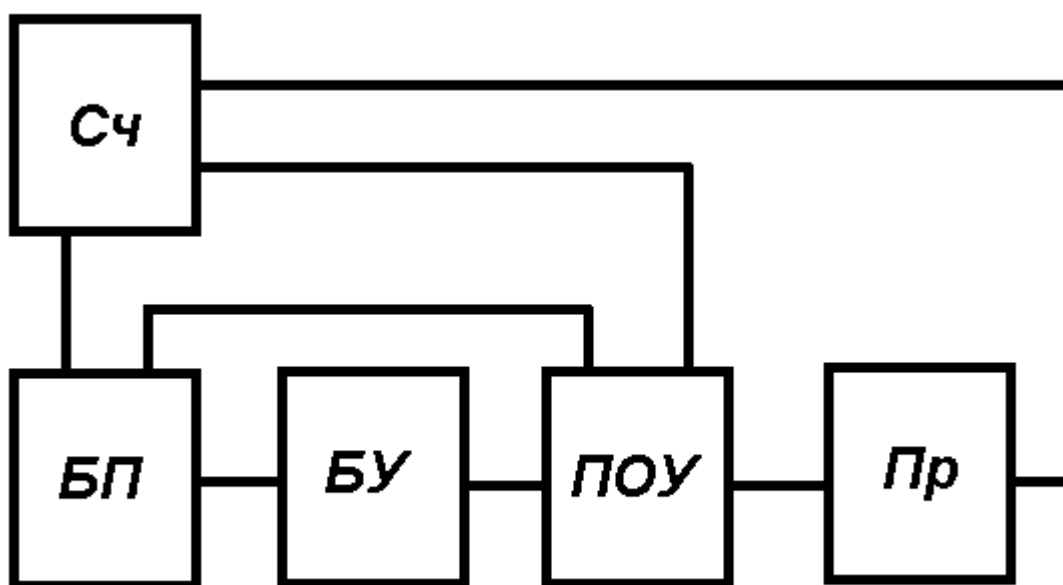


Рис. 4. Блок-схема уровнемера:

БП – блок питания; БУ – блок управления; ПОУ – подъемно-опускающее устройство; Пр – преобразователь; Сч – счетчик

Уровнемер условно можно разбить на пять блоков: Блок питания БП – служит для питания постоянным стабилизированным напряжением 5В микросхем, 220В индикаторных ламп и постоянным напряжением 24В блока управления БУ.

БУ – предназначен для включения реверса и остановки электродвигателя типа РД-09 с коэффициентом редукции 11/39; **ПОУ** – осуществляет подъем и опускание чувствительного элемента уровнемера, включение и отключение счетчика, обесточивание БП и БУ в момент достижения чувствительным элементом крайнего верхнего положения.

Пр – преобразователь «уровень – угол – код».

Сч – трехразрядный счетчик импульсов, поступающих с выхода преобразователя; выполнен на элементах ЛА-3, ИЕ-2, ВД-2 серии К155.

ПОУ – подъемно-опускающее устройство для механического измерения уровня жидкости, состоящее из барабана с намотанным на него тросом и закрепленном на его конце чувствительным элементом. Барабан приводится в движение реверсным двигателем через червячный редуктор. Трос проходит через блок преобразователя угол-код, снабженного постоянным магнитом и герконом. Для отключения питания уровнемера при достижении чувствительным элементом крайнего верхнего положения, предусмотрен микропереключатель.

Включение счетчика при движении чувствительного элемента вниз и изменение направления вращения двигателя при соприкосновении чувствительного элемента **ЧЭ** с поверхностью измеряемой среды, осуществляется микропереключателем.

Включение подъемно-опускающего устройства производится оператором нажатием кнопки SB «Пуск». При нормальной работе установки через несколько секунд загорается световое табло на пульте оператора – «Прибор работает». При этом двигатель вращает барабан, трос с чувствительным элементом опускается в направлении поверхности измеряемой среды. При перемещении троса приводится в действие преобразователь «уровень-код», состоящий из вращающегося блока с закрепленным на нем постоянным магнитом и геркона, установленного напротив вращающегося постоянного магнита. При совершении полного оборота измерительного блока и прохождении магнита над герконом, последний срабатывает, замыкая свои магнитоуправляемые контакты. Замкнутый контакт геркона посылает электрический импульс на вход электронного счетчика импульсов, фиксирующего число посланных импульсов **n** или оборотов измерительного блока. Расстояние **h** от измерительного блока до поверхности измеряемой среды определяется по формуле:

$$h = n \cdot 2\pi R_{\text{блока}}. \quad (3)$$

При достижении **ЧЭ** материала включается световое табло «Запишите показания счетчика». Показания уровня высвечивается катодными цифровыми лампами ИН-8, расположенными также на пульте оператора. При возвращении **ЧЭ** в верхнее исходное положение происходит

автоматическое отключение ПОУ, БП и БУ, что позволяет значительно увеличить срок службы прибора, а также сэкономить электроэнергию.

В исходном положении ЧЭ находится наверху; уравнивающая пружина растянута; контакты микропереключателей находятся в положениях, показанных на принципиальной схеме (рис. 5).

При нажатии кнопки «SB» замыкается цепь питания первичной обмотки трансформатора Тр, и одновременно размыкается нормально-закрытый (Н.З.) контакт кнопки «SB»; происходит установка счетчика Сч на «О». Напряжение с вторичных обмоток трансформатора подается на блоки питания счетчика БШ (5В) и ВУ (24В).

Выпрямленное напряжение 24В с БУ подается через замкнутый контакт концевого микропереключателя SQ и н.з. контакт блокировочного реле РВ – на обмотку реле опускания КЗ; последнее замыкает свой нормально-закрытый (Н.О.) контакт КЗ и подает питание 220В на обмотку двигателя РД-09. Двигатель включен. Ротор двигателя через червячный редуктор вращает барабан с тросом, ЧЭ опускается.

Одновременно червячный винт под действием пружины переместится на 2–3 мм по оси вала двигателя и отпустит кнопку микропереключателя, его контакт SQ 2 замкнет цепь питания катушки реле К1, его нормально-открытые контакты К1 используются для шунтирования контактов пусковой кнопки SB и включения лампы Н1, последняя освещает надпись на табло «Прибор работает». Табло установлено на щите оператора.

При опускании ЧЭ с тросом последний, проходя через блок, вращает его. Вращение преобразуется в импульсы тока с помощью постоянного магнита, укрепленного на блоке, и геркона, закрепленного на рычаге. Один оборот блока преобразуется в один импульс и соответствует 0,1м. Импульс тока через Н.З., контакт К5 и периодически замыкающийся контакт геркона поступает на промежуточное реле К2, последнее включается и замыкает свой Н.О. контакт К2, через который подается стабилизированное напряжение 5В от ВПС на трехразрядный электронный счетчик Сч, происходит индикация измерения уровня.

При достижении ЧЭ границы раздела «воздух-вода» ослабляется трос, к которому прикреплен ЧЭ.

Под действием пружины, уравнивающей массу ЧЭ с тросом, свободный конец рычага с блоком переместится вверх, что вызывает угловое перемещение оси и закрепленной на ней пластины, последняя освобождает кнопку микропереключателя, его контакты SQ1 переключаются. Реле КЗ отключается и включается реле К4, соответственно, происходит отключение контактом КЗ питания обмотки опускания двигателя на подъем ЧЭ. Таким образом, осуществляется автоматический реверс двигателя РД-09.

Трос наматывается на барабан. Происходит подъем ЧЭ. В момент отрыва ЧЭ от цемента растягивается уравнивающая пружина, рычаг с блоком перемещается вниз. Пластина нажимает на кнопку микропереключателя, происходит переключение его контактов SQ1. Для предотвращения включения обмотки двигателя на опускание ЧЭ применяется блокировочное реле KS, которое включается контактом SQ1 в момент соприкосновения ЧЭ с материалом. Своим Н.О. контактом, К5 катушка реле самоблокируется, а также, блокируя SQ1 контактом К5, непрерывно подает питание на катушку реле К4. Замкнутые контакты К5 размыкают цепь питания КЗ и реле счета импульсов К2. После отключения КЗ его ЕЗ контакт КЗ включает лампу Н2, загорается табло «Запишите показания счетчика».

При достижении ЧЭ крайнего верхнего положения происходит дополнительное натяжение троса, барабан затормаживается, червячный винт, входящий в зацепление с заторможенной шестерней, перемещается вдоль оси вала двигателя, преодолевает сопротивление пружины и нажимает на шток микропереключателя, его контакт SQ2 размыкается, обесточивается реле К1, контакт К1 размыкает цепь питания Тр и прибор автоматически отключается от источника питания.

Порядок выполнения работы

1. Установить планку на определенном значении уровня (через каждые 10 см).
2. Нажать кнопку «пуск». При этом загорится табло «Прибор работает», на табло индикации высвечиваются нули.
3. При опускании чувствительного элемента на каждые 0,1 м происходит индикация на табло индикации.
4. Касание чувствительного элемента поверхности материала (планки) вызывает изменение направления вращения двигателя и загорание табло «Запишите показания счетчика».
5. При достижении чувствительным элементом верхнего крайнего положения, прибор автоматически отключается от источника питания.

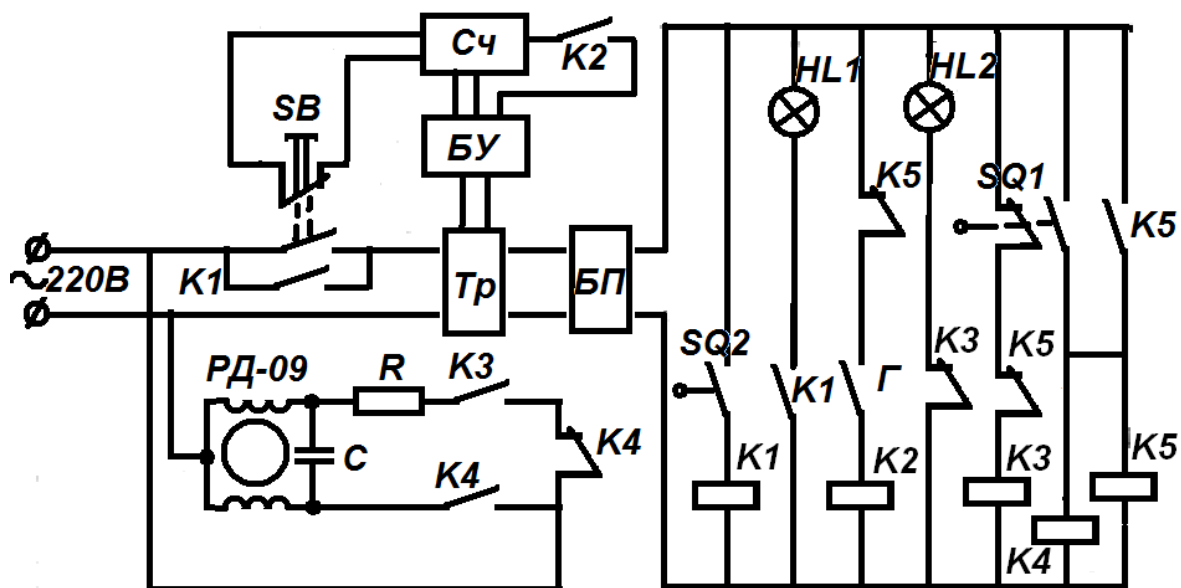


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема уровнемера

5. Контрольные вопросы к лабораторным работам

Лабораторная работа № 1

1. Каково устройство электромагнитного реле?
2. Зная устройство электромагнитного реле, у которого два контакта замыкающих и два размыкающих, составить основные уравнения ФАЛ – функции алгебры логики.
3. Нарисовать и объяснить работу логического автомата по поддержанию уровня воды в баке. Составить таблицу состояний автомата.
4. Нарисовать контактную схему логических элементов:
 - а) инвертора;
 - б) повторитель;
 - в) конъюнкции «И»;
 - г) дизъюнкции «ИЛИ».
5. Нарисовать контактную схему логических элементов, выполняющих функцию:
 - а) «ИЛИ-НЕ»;
 - б) «И-НЕ».

Лабораторная работа № 2

1. Записать ФАЛ для основных функций с двумя логическими переменными (аргументами).
2. Нарисовать основные цифровые логические элементы и дать таблицу их состояний.
3. Дайте определение функции: а) конъюнкция 2-х аргументов; б) дизъюнкция 2-х аргументов; в) инверсия.
4. Нарисовать двухходовые схемы ИЛИ, ИЛИ-НЕ на базе двухвходовых элементов И-НЕ.
5. Нарисовать трехходовую схему И, составленную из двухвходовых элементов И-НЕ.

Лабораторная работа № 3

1. Из каких основных элементов состоит прибор ДМ5001?
2. Что означает ошибка дискретизации АЦП?
3. Пояснить принцип действия прибора.

Лабораторная работа № 4

1. Из каких основных блоков состоит логический автомат для измерения уровня?
2. Пояснить принцип действия автомата.
3. Определите диаметр барабана с тросом.
4. Определите погрешность измерения Δh для $h = 1, 5$ и 10 метров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов В.Г. Основы промышленной электроники. – М.: Высшая школа, 1986. – 336 с.
2. Ямпольский В.С. Основы автоматики и электронно-вычислительной техники. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
3. Попкович Г.О., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. – М.: Высшая школа, 1986.
4. Рульнов А.А., Евстафьев К.Ю. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. М.: ИНФРА-М, 2007. – 205 с.
5. Беркут А.И., Рульнов А.А. Системы автоматического контроля технологических параметров. – М., МГСУ, 2005. – 143 с.
6. Адельшин А.Б., Дубяго В.А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы промышленной электроники». – Казань, КГАСУ, 2010. – 22 с.

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к лабораторным работам по курсу
«Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения» для студентов
направления подготовки 08.03.01, профиль «Водоснабжение
и водоотведение»

Составитель Дубяго Владимир Александрович