

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. А. Жур, В. А. Павловский

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по образованию в области автоматизации
технологических процессов, производств и управления
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по направлению
специальности 1-53 01 01-09 «Автоматизация технологических
процессов и производств (сельское хозяйство)»*

МИНСК
БГАТУ
2021

УДК 681.5(07)
ББК 32.965я7
Ж91

Рецензенты:

кафедра проектирования информационно-компьютерных систем
УО «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

(кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой *В. В. Хорошко*);

кандидат технических наук,
заведующий сектором информатизации ЖКХ
отдела жилищного хозяйства Института жилищно-коммунального
хозяйства НАН Беларуси *Е. В. Тернов*

Жур, А. А.

Ж91 Эксплуатация систем автоматизации. Лабораторный практикум :
учебно-методическое пособие / А. А. Жур, В. А. Павловский. –
Минск : БГАТУ, 2021. – 128 с.
ISBN 978-985-25-0103-3.

Лабораторный практикум содержит методические указания по выполнению
и оформлению работ, контрольные вопросы и теоретические материалы.

Предназначен для студентов учреждений высшего образования по направлению
специальности 1-53 01 01-09 «Автоматизация технологических процессов и
производств (сельское хозяйство)», может быть использован студентами других
специальностей в области электрификации сельского хозяйства.

УДК 681.5(07)
ББК 32.965я7

ISBN 978-985-25-0103-3

© БГАТУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа № 1. СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ КОНЕЧНОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ДАТЧИКОВ УРОВНЯ....	6
Лабораторная работа № 2. СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ	19
Лабораторная работа № 3. СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАСХОДОМЕРОВ	35
Лабораторная работа № 4. СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ДАТЧИКОВ ВЕСА	44
Лабораторная работа № 5. СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ	56
Лабораторная работа № 6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ НАЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ	62
Лабораторная работа № 7. ДИАГНОСТИКА, НАЛАДКА И ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМАХ И РЕГУЛЯТОРАХ.....	76
Лабораторная работа № 8. СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ КОНТРОЛЛЕРА	88
Лабораторная работа № 9. МЕТОДЫ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ.....	94
Лабораторная работа № 10. ПРОВЕРКА МОНТАЖНЫХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ	100
Лабораторная работа № 11. АВТОНОМНАЯ НАЛАДКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	107
ГЛОССАРИЙ	114
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	117
ПРИЛОЖЕНИЯ	119

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производства является одним из приоритетных направлений. Внедрение систем автоматизации позволяет освободить человека от рутинных или опасных операций управления производственным процессом. Автоматизация технологических процессов позволяет улучшить и повысить производительность труда, увеличить производительность оборудования и улучшить качество выпускаемой продукции. Технологические процессы сельскохозяйственного производства относятся к сложным объектам управления и, соответственно, требуют для их автоматизации сложных технических средств. В животноводстве основные объемы производства концентрируются на крупных фермах, комплексах, птицефабриках, что предусматривает их модернизацию. Для технического переоснащения сельскохозяйственного производства планируется произвести и импортировать комплекты сложного животноводческого оборудования, системы автоматической раздачи кормов, поддержания микроклимата. Новое оборудование для реализации интенсивных технологий производства растениеводческой и животноводческой продукции должно повысить производительность труда не менее чем в 1,5 раза при уменьшении объема удельных материальных и энергетических ресурсов на 20 %–25 %. Решение этих задач требует соответствующего кадрового обеспечения – специалистов со знанием новейших технологий производства, а также технических средств, к которым относятся средства автоматизации.

Для эксплуатации, проектирования и разработки автоматических и автоматизированных систем управления технологическими процессами, комплексной механизации и электрификации сельскохозяйственного производства будущим специалистам необходимо, прежде всего, изучить современные средства автоматизации, их принцип действия, конструкцию, значение в повышении эффективности управления.

Лабораторная работа № 1

СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ КОНЕЧНОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ДАТЧИКОВ УРОВНЯ

(4 часа)

Цель работы: приобретение навыков наладки и эксплуатации датчиков конечного положения и датчиков уровня.

Лабораторное оборудование. Макет монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Бесконтактный путевой выключатель типа БВК-425-24УХЛ4. Концевой выключатель Lovato KX CM S11. Тестер.

Краткие теоретические сведения

Бесконтактные путевые выключатели типов БВК-421-24, БВК-422-24, БВК-423-24 и БВК-424-24 (рис. 1) предназначены для контроля положения механизмов или отдельных их узлов. Бесконтактные путевые выключатели могут широко применяться в станках, автоматических линиях, кузнечно-прессовом оборудовании и других производственных механизмах.



Рис. 1. Бесконтактный путевой выключатель типа БВК-425-24УХЛ4

Структура условного обозначения БВКXXX-24-Х4:

БВК – переключатель путевой бесконтактный;

XX – номер разработки (26, 32 или 42);

Х – номер исполнения (0, 1, 2, 3, 4, 5);

24 – номинальное напряжение питания (24 В);

X4 – климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4).

В зависимости от величины щели и ее расположения относительно плоскости крепления выпускаются следующие типы переключателей: БВК-260-24, БВК-261-24, БВК-262-24, БВК-263-24, БВК-264-24.

Условия эксплуатации

- Высота над уровнем моря не более 2000 м.
- Температура окружающего воздуха от минус 25 °С до плюс 70 °С.
- Относительная влажность воздуха не более 90 % при температуре плюс 20 °С.
- Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, снижающих параметры выключателей в недопустимых пределах.
- По технике безопасности выключатели соответствуют ГОСТ 12.2.007.6–93 и ГОСТ 12.2.007.0–75.
- Выключатели серии БКВ отвечают требованиям ТУ 2.024.1306035.01–90.
- Нормативно-технический документ (ТУ) ТУ 2.024.1306035.01–90.

Технические данные

- Номинальное напряжение питания (постоянное или выпрямленное) 24 В.
- Допустимое отклонение напряжения питания 0,85–1,24 от номинального напряжения.
- Сопротивление нагрузки (реле или резистор) не менее 120 Ом.
- Разброс длины пути срабатывания при допустимом отклонении напряжения питания 0,85–1,24 мм не более ± 1 .
- Максимальный разброс длины пути срабатывания при изменении температуры от минус 10 °С до 45 °С, мм, не более 5.
- Дифференциал хода, мм, не более 3.
- Максимальная частота срабатывания, кГц, не ниже 1.
- Мощность, коммутируемая выключателем, без учета мощности, потребляемой нагрузкой, Вт, не более 0,45.
- Гарантийный срок 2 года с момента ввода выключателей в эксплуатацию, но не более 2,5 года со дня поступления их к потребителю.

Конструкция и принцип действия

Выключатели выполнены в совмещенном варианте. Все элементы схемы размещены в одном корпусе, из которого наружу выведены три провода для подсоединения выключателя к источнику питания и подключения к нему реле или логических элементов.

В основу работы выключателя положен принцип управляемого релаксационного генератора. Управление генератором осуществляется введением в щель переключающей пластины. При выведении пластины из щели генератор не генерирует. Введение пластины в щель вызывает генерацию, при этом на выходе усилителя появляется сигнал, вызывая срабатывание выходного устройства.

Срабатывание выключателя происходит при введении в рабочий зазор переключающей алюминиевой пластины из материала Д16 толщиной не менее 1,5 мм и шириной B не менее 11 мм (рис. 2).

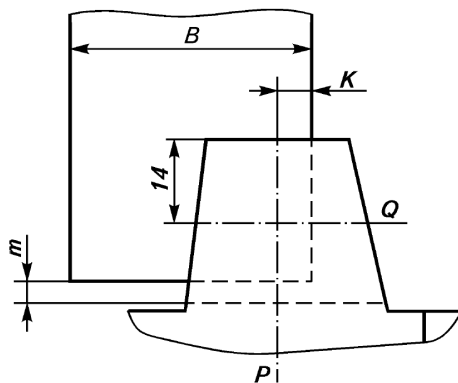


Рис. 2. Вид на расположение металлической пластины относительно чувствительного элемента БВК в момент его срабатывания

Расстояние между двумя движущимися соседними пластинами, вызывающими срабатывание одного и того же выключателя, – не менее 9 мм.

Расстояние (m) от нижней кромки пластины до основания щели – от 1 до 4 мм.

Срабатывание выключателя происходит при положении переключающей пластины за осью P на расстоянии $K = 0\text{--}3$ мм в зависимости от образца.

При движении пластины сверху положение переключающей пластины, при котором происходит срабатывание выключателя, лежит за осью Q на расстоянии 14 мм от нее.

Схема присоединения выключателя к источнику питания и подключения к нему реле P приведена на рис. 3.

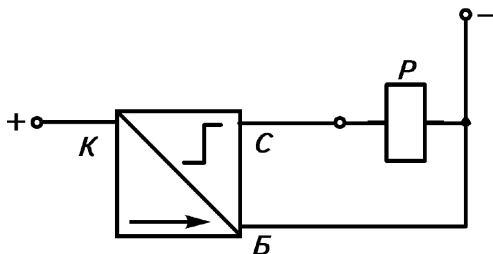


Рис. 3. Схема включения выключателя типа БВК-400:
К, С, Б – провода красный, синий и белый соответственно

Бесконтактные путевые выключатели могут включаться последовательно (рис. 4) и параллельно (рис. 5). При последовательном включении минимальное значение напряжения питания с учетом его колебания должно быть не менее значения $U = (20 + 2n)$ В, где n – число последовательно включаемых выключателей.

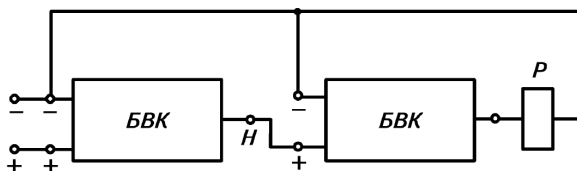


Рис. 4. Схема последовательного включения двух выключателей

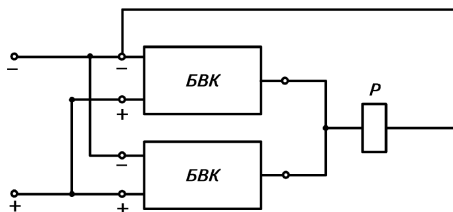


Рис. 5. Схема параллельного включения выключателей

При параллельном включении сопротивление нагрузки не должно быть ниже 120 Ом.

Крепление БВК-400 осуществляется винтами М4.

Общие характеристики концевого выключателя Lovato KX CM S11

Позиционные и предохранительные концевые выключатели компании LOVATO ELECTRIC удовлетворяют требованиям к скорости установки, удобству разводки, простоте ввода в эксплуатацию, модульности, прочности и надежности, не изменяющейся с течением времени (рис. 6).



Рис. 6. Концевой выключатель Lovato KX CM S11

Крышки корпусов закреплены на шарнирах с нижнего края и являются съемными.

Инновационная система байонетного крепления исполнительных головок позволяет снимать головки и устанавливать их в нужное положение без помощи инструментов.

Головки можно развернуть вдоль их оси на 180°. Блоки вспомогательных контактов являются съемными и обеспечивают удобство подключения к выводам.

Эксплуатационные характеристики:

- максимальная частота переключений 3600 циклов/ч;
- скорость срабатывания 0,5–1,5 м/с;
- механическая износостойкость > 10 млн циклов;
- номинальный тепловой ток I_{th} 10 А;
- обозначение по IEC/EN60947-5-1:
 - А600 Q600 тип КВ;
 - А300 Q300 тип КМ;
- напряжение изоляции U_i :
 - перем. 690 В тип КВ;
 - перем. 440 В тип КМ;
- номинальное выдерживаемое импульсное перенапряжение U_{imp} :
 - 6 кВ тип КВ;
 - 4 кВ тип КМ;
- класс изоляции II (только тип КВ);
- контактное сопротивление менее 10 кОм;
- защита от короткого замыкания: предохранитель 10 А gG;
- исполнительные головки из алюминий-цинкового сплава (zamak);
- КВ: корпус из негорючего полимера с двойной изоляцией;
- КМ: корпус из алюминий-цинкового сплава (zamak);
- тип кабельного ввода M20 в стандартном исполнении;
- крепление исполнительной головки байонетное;
- усилие срабатывания 0,03 Н·м;
- крепление проводов винтовое с самозатягивающимся зажимом;
- момент затяжки:
 - концевого выключателя 2,5 Н·м;
 - выводов контактов 0,8 Н·м;
 - винта крепления крышки корпуса 0,8 Н·м;
 - исполнительной головки 0,8 Н·м;
- сечение проводников, max, 1 или 2 проводника 2,5 мм²;
- условия окружающей среды:
 - рабочая температура: –25 °С...+70 °С;
 - температура хранения: –40 °С...+70 °С;
 - степень загрязнения окружающей среды 3;
 - класс защиты выводов IP20;
 - класс защиты корпуса IP65.

Диаграмма прямого хода контакта быстрого срабатывания и диаграмма обратного хода контакта быстрого срабатывания представлены на рис. 7.

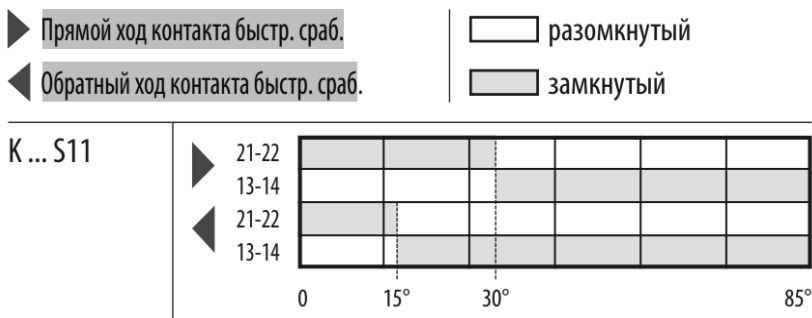


Рис. 7. Диаграмма состояния контактов при изменении угла поворота флажка
концевого выключателя Lovato KX CM S11

Датчик уровня акустический ЭХО-5 предназначен для бесконтактного автоматического дистанционного измерения уровня:

- жидких сред, в том числе вязких, неоднородных, выпадающих в осадок, взрывоопасных, высокоагрессивных (и других) при температуре контролируемой среды от минус 40 °С до плюс 170 °С;
- сыпучих и кусковых материалов с диаметром гранул от 5 до 300 мм, при температуре контролируемой среды от минус 50 °С до плюс 120 °С.

Скорость изменения уровня среды не должна превышать 1см/с.

По количеству точек измерения датчики имеют однотоочечное и многотоочечное исполнение.

Датчики одноточечного исполнения состоят из акустического преобразователя АП-3 и преобразователя передающего измерительного ППИ-5. Датчики имеют выходные сигналы: унифицированные постоянного тока 0–5 мА или 4–20 мА.

АП-3 предназначен для преобразования подводимых к нему электрических импульсов в акустические и преобразование отраженных импульсов обратно в электрические.

Основой АП является пьезокерамический диск, работающий в режиме изгибных колебаний.

ППИ-5 предназначен для преобразования времени запаздывания отраженного импульса относительно посланного зондирующего в выходной унифицированный сигнал постоянного тока 0–5 мА.

Структурная схема датчика уровня ЭХО-5 представлена на рис. 8.

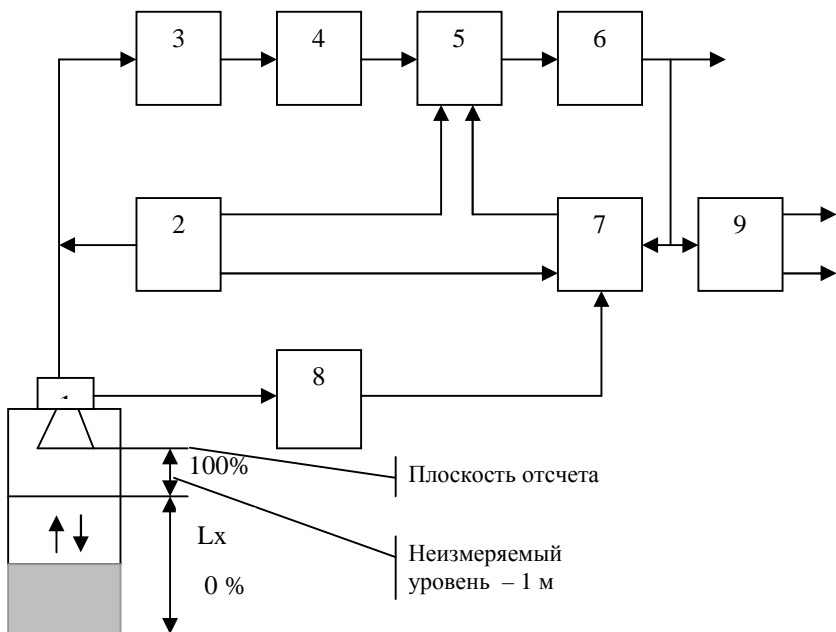


Рис. 8. Структурная схема датчика уровня ЭХО-5:
 1 – акустический преобразователь; 2 – генератор; 3 – усилитель;
 4 – накопительное устройство; 5 – схема совпадения;
 6 – усилительно-преобразующее устройство;
 7 – преобразователь напряжения во временной интервал;
 8 – блок температурной компенсации; 9 – выходное устройство сигнализации

За неизмеряемый уровень принимается расстояние от плоскости отсчета АП до 100 % точки диапазона измерения. За нулевой уровень принимается расстояние, равное сумме неизмеряемого уровня и диапазона измерения от плоскости отсчета АП.

Принцип действия датчика основан на локации измеряемого уровня ультразвуковыми импульсами, проходящими через газовую среду (при отношении акустических сопротивлений измеряемой среды и газа над ней не менее 100), и на явлении отражения этого импульса от границы раздела фаз газ–измеряемая среда. Мерой уровня при этом является время распространения акустических колебаний от источника излучения до границы раздела фаз газ–измеряемая среда и обратно до приемника. Номинальная статическая характеристика датчиков – линейная.

Проведение поверки

Внешний осмотр датчика. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого датчика требованиям технической документации в части комплектности, маркировки и внешнего вида.

Опробование датчика. При опробовании должно быть установлено общее функционирование датчика (поступление сигналов от любой отражающей поверхности) и его работоспособность.

Определение основной приведенной погрешности датчика определяется как разность между фактическим значением выходного сигнала I_i и расчетным значением этого сигнала I , отнесенная к диапазону изменения выходного сигнала I_{\max} - I_0 и выраженное в процентах. По градуировочной таблице для поверки датчика ЭХО-5 (табл. 1) выставляется одно из расстояний, соответствующее 0; 30 %; 50 %; 75 % и 100 % от верхнего предела диапазона измеряемого уровня поверяемого датчика и производится отсчет показаний выходного сигнала миллиамперметром.

Таблица 1

Градуировочная таблица

Диапазон измерения			0–4 м		
Неизмеряемый уровень			1 м		
Акустический преобразователь АП-3					
Температура			$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$		
Скорость звука			$V_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 343\text{ м/с}$		
Уровень		Задержка	Расчетное значение выходного сигнала, мА		
м	%	мс	0–5	0–20	4–20
4	0	30,113	0	0	4
2,8	30,0	23,115	1,5	6	8,8
2	50	18,451	2,5	10	12
1	75	12,620	3,75	15	16
0	100	6,789	5	20	20

Для диапазона 0–5 погрешность вычисляется по формуле

$$J_i = \frac{J_j - J_p}{J_{\max}} \cdot 100\text{ } \%,$$

где J_j – значение выходного сигнала датчика, измеренное миллиамперметром, мА;

J_p – расчетное значение выходного сигнала, мА, соответствующее заданному уровню, м;

J_{\max} – максимальное значение выходного сигнала, соответствующее верхнему пределу диапазона измеряемого уровня поверяемого датчика, мА.

Максимальное значение величины j_i принимается за основную приведенную погрешность измерения уровня и не должно превышать 0,75 от абсолютного значения нормируемой погрешности поверяемого датчика.

Программируемый логический контроллер AL2-14MR-D позволяет настроить любой из 8 дискретных входов на прием аналога сигнала по напряжению в диапазоне 0–10 В. Схема подключения сигнала от ЭХО-5 к AL2-14MR-D приведена на рис. 9. При установке в окне программирования, на вход к которому подключен сигнал пиктограммы аналогового входа, после переноса программы в контроллер и включения режимов мониторинга можно наблюдать изменение оцифрованного значения при измерении аналогового сигнала на входе контроллера.

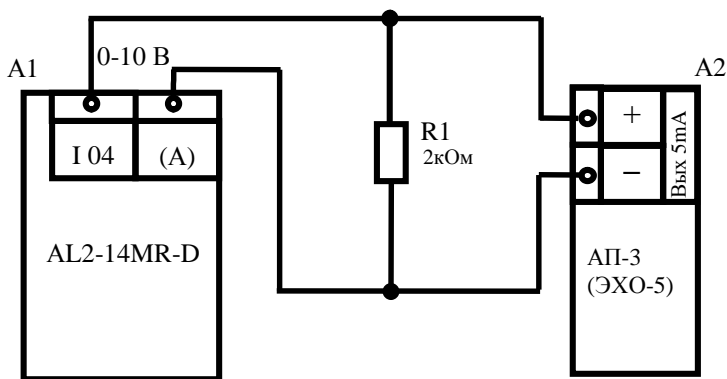


Рис. 9. Схема подключения ЭХО-5 к микропроцессорному контроллеру AL2-14MR-D

В случае отсутствия в контроллере аналогового входа иногда его можно успешно заменить, используя интегратор. Интегратор

преобразует значение аналогового сигнала на входе в последовательность импульсов, частота следования которых пропорциональна сигналу на входе. Чем выше значения аналогового сигнала, тем больше частота следования импульсов на входе интегратора.

В данном случае, если измерить частоту следования импульсов, например, при уровне сигнала в 5,0 мА и уровне в 4,5 мА, можно написать управляющую технологическую программу, включающую и выключающую выход контроллера при этих значениях (для управления откачивающим насосом).

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить схемы подключения датчиков конечного положения.
 - 1.1. Составить принципиальную электрическую схему подключения датчиков конечного положения к входам контроллера.
 - 1.2. Составить монтажную схему подключений датчиков.
 - 1.3. Собрать электрическую схему на монтажной плате.
 - 1.4. Написать программу для контроллера с использованием двух датчиков (фрагмента технологического процесса – по заданию преподавателя).
 - 1.5. Произвести моделирование работы датчиков и контроллера.
2. Изучить конструкцию и схему подключения концевого выключателя Lovato KX CM S11.
 - 2.1. Составить принципиальную электрическую схему, состоящую из блока питания 24 В, концевого выключателя Lovato KX CM S11 и двух промежуточных реле. На схеме указать позиционные обозначения элементов, обозначение линий связи и контакты подключения элементов.
 - 2.2. Собрать электрическую схему на монтажной плате.
 - 2.3. Изобразить диаграмму прямого хода контакта быстрого срабатывания.
 - 2.4. Изобразить диаграмму обратного хода контакта быстрого срабатывания.
 - 2.5. Сравнить полученные диаграммы с диаграммой на рис. 7.
3. Изучить основные характеристики ультразвукового расходомера ЭХО-5.
 - 3.1. Дополнить выражение: «Принцип действия ультразвукового расходомера ЭХО-5 основывается на ...».

3.2. Изучить по руководству пользователя блочную схему ЭХО-5, назначение основных блоков.

3.3. Изучить схему, объясняющую установку первичного измерительного преобразователя относительно измеряемого уровня.

3.4. По информации в руководстве пользователя и непосредственно нанесенной на таблички приборов (АП-3 и ППИ-5) определить минимальный и максимальный измеряемые уровни и соответствующие значения тока на выходе преобразователя.

4. Проверить общее функционирование датчика.

4.1. Разместить первичный преобразователь на расстоянии от отражающей поверхности согласно рис. 1.

4.2. На выход преобразователя ППИ-5 подключить миллиамперметр (можно использовать универсальный вольтметр В7-58/2).

4.3. Проверить схему с преподавателем, включить питание приборов и зафиксировать измеренное значение в отчете.

4.4. Повторить пункты 4.1, 4.2, 4.3 для другого расстояния.

5. Использовать уровнемер ЭХО-5 и микропроцессорный контроллер AL2 для управления системой поддержания заданного уровня.

5.1. Изучить схему соединения ППИ5 с AL2 (см. рис. 9).

5.2. Рассчитать значение сопротивления, необходимого для преобразования токового сигнала на выходе ЭХО-5 в сигнал по напряжению в диапазоне от 0 до 10 В.

5.3. Изобразить схему подключения ЭХО-5 к AL2.

5.4. Собрать схему в соответствии с рис. 9 и проверить (с преподавателем).

5.5. После разрешения преподавателя включить питание. Загрузить среду программирования контроллера AL2(Vls.exe) Alpha Programming. Выбрать пункт **Контроллер, Считывание с контроллера**. Перейти в режим мониторинга (кнопка **М**) и наблюдать за изменением сигнала на входе контроллера при перемещении первичного преобразователя на уровень L1 и L2.

5.6. Разработать алгоритм в виде блок-схемы управления, позволяющий поддерживать уровень в пределах между I1 и I2 при работе насоса на повышение уровня под управлением AL2 по показаниям ЭХО-5.

5.7. Реализовать алгоритм управления в виде программы контроллера AL2 и проверить ее работу.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. ПЭС подключения БВК-425-24УХЛ4.
3. Таблица измеряемых параметров.
4. ПЭС подключения Lovato KX CM S11.
5. Диаграммы срабатывания контактов при включении и выключении концевого выключателя.
6. Схема соединения ЭХО-5 и AL2, алгоритм управления, описание управляющей технологической программы.
7. Ответы на вопросы.
8. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Расскажите о назначении и применении бесконтактных путевых выключателей (БВК).
2. Как расшифровать БВК-425-24УХЛ4?
3. Какое минимальное напряжение питания БВК-425-24УХЛ4?
4. Какое максимальное напряжение питания БВК-425-24УХЛ4?
5. Какое должно быть сопротивление нагрузки, подключаемой к датчику БВК-425-24УХЛ4?
6. Опишите конструкцию и принцип работы БВК-425-24УХЛ4.
7. Как могут включаться бесконтактные путевые выключатели?
8. Какое минимальное сопротивление должно быть при параллельном включении датчиков БВК?
9. Расскажите о назначении и применении концевого выключателя Lovato KX CM S11.
10. Приведите сравнительные характеристики датчиков БВК-425-24УХЛ4 и Lovato KX CM S11.
11. Перечислите достоинства и недостатки датчиков.
12. Объясните принцип действия ультразвукового уровнемера.
13. Из каких основных узлов состоит ультразвуковой уровнемер ЭХО-5?
14. Объясните термины: плоскость отсчета, неизмеряемый уровень, нулевой уровень. Чему равен неизмеряемый уровень в условиях лабораторной работы?
15. Изобразите минимальный и максимальный измеряемые уровни и соответствующие значения тока на выходе преобразователя.

16. Объясните назначение интегратора И-1.
17. Объясните алгоритм управления, позволяющий поддерживать уровень в пределах между 11 и 12 при работе насоса на снижение уровня под управлением AL2.
18. Объясните схему подключения ЭХО-5 к AL2.
19. Объясните алгоритм управления, позволяющий поддерживать уровень в пределах между 11 и 12 при работе насоса на повышение уровня под управлением AL2 по показаниям ЭХО-5.

Лабораторная работа № 2 **СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ** **ДАТЧИКОВ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

(4 часа)

Цель работы: приобретение навыков использования, эксплуатации и ремонта датчиков влажности и температуры.

Лабораторное оборудование. Датчики влажности и температуры. Макет монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Тестер. Осциллограф.

Краткие теоретические сведения

Прибор, которым измеряют уровень влажности, называется гигрометром, или датчиком влажности.

На предприятиях влажность воздуха способна влиять на сохранность продукции и оборудования, в сельском хозяйстве однозначно влияние влажности на плодородие почвы и т. д.

Влажность может измеряться несколькими из возможных величин.

Для определения влажности как воздуха, так и других газов измерения проводятся в граммах на кубометр, когда речь идет об абсолютном значении влажности, или в %, когда речь идет о влажности относительной.

Для измерения влажности твердых тел или в жидкостях проводят измерения в процентах от массы исследуемых образцов.

При определении влажности плохо смешиваемых жидкостей единицей измерения служит ppm (сколько по весу частей воды приходится на 1 000 000 частей образца).

При выборе датчика влажности необходимо учитывать следующие наиболее важные технические параметры:

- достаточная точность и чувствительность в широком диапазоне;
- повторяемость результатов (воспроизводимость);
- быстрота реакции на резкое изменение влажности;
- взаимозаменяемость;
- долгосрочная стабильность;
- восстановление от конденсата;
- стойкость к химическим и физическим загрязнениям;

- размер датчика;
- надежность материала корпуса;
- стоимость.

Дополнительными факторами для рассмотрения могут стать стоимость замены, калибровка, сложность конструкции, надежность усилителя сигнала и схемы обработки данных.

Различают следующие типы датчиков влажности:

- емкостные датчики относительной влажности;
- датчики точки росы;
- резистивные датчики;
- теплопроводящие датчики абсолютной влажности;
- оптические электронные датчики.

Самыми удобными в эксплуатации считаются *цифровые датчики влажности*, оборудованные чувствительными сменными головками. В основу работы этих приборов положены их электрические свойства – сопротивление и емкость.

Более точный результат измерения температуры и влажности, по сравнению с другими аналогами, цифровой датчик влажности дает благодаря встроенным влагочувствительному конденсатору и процессору.

Кроме того, датчики влажности могут быть беспроводными и стационарными.

Существуют два варианта возможной передачи информации с датчика:

- 1) передаются все конкретные показатели;
- 2) передается только полученный результат (сообщается, какая влажность в данный период времени, понижена или повышена).

Значение относительной влажности в жилой комнате должно быть 40 %–60 %, в крайнем случае это значение может колебаться от 30 % до 70 %. Если относительная влажность поднялась до отметки 80 % и выше при температуре плюс 20 °С, то для восстановления теплового баланса необходимо повысить температуру в комнате до плюс 22 °С.

Емкостный датчик влажности

Емкостные гигрометры, в самом простом случае, представляют собой конденсаторы с воздухом в качестве диэлектрика в зазоре. Известно, что у воздуха диэлектрическая проницаемость непосредственно связана с влажностью, а изменения влажности диэлектрика приводят и к изменениям в емкости воздушного конденсатора.

Более сложный вариант емкостного датчика влажности в воздушном зазоре содержит диэлектрик с диэлектрической проницаемостью, которая может меняться под влиянием влажности. Данный подход делает качество датчика лучше, чем в случае с воздухом между обкладками конденсатора.

Последний вариант конструкции подходит для проведения измерений относительно содержания воды в твердых веществах (рис. 10). Исследуемый объект размещается между обкладками такого конденсатора, например: объектом может быть таблетка, конденсатор присоединяется к колебательному контуру и к электронному генератору, при этом измеряется собственная частота полученного контура, и по измеренной частоте вычисляется емкость, полученная при внесении исследуемого образца.

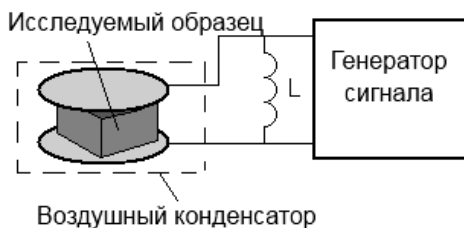


Рис. 10. Система для измерения влажности с емкостным датчиком

Безусловно, данный метод обладает и некоторыми недостатками: при влажности образца ниже 0,5 % он будет неточным; кроме того, измеряемый образец должен быть очищен от частиц, имеющих высокую диэлектрическую проницаемость; важна и форма образца в процессе измерений, и она не должна изменяться в ходе исследования.

Емкостные датчики влажности широко используются в современном промышленном оборудовании, бытовой технике и телеметрических системах сбора метеорологических данных.

Такие датчики конструктивно состоят из подложки, на которой расположен тонкопленочный полимерный или металлооксидный слой между двумя проводящими электродами. Чувствительная поверхность покрыта пористым металлическим электродом для защиты от загрязнения и конденсата. Подложка обычно изготавливается из стекла, керамики или кремния. Инкрементальные изменения

в диэлектрической константе емкостного датчика влажности практически прямо пропорциональны относительной влажности окружающего воздуха. При колебании влажности на 1 % емкость изменяется на 0,2–0,5 пФ, при 50 % влажности (25 °С) колебания могут достигать значений 100–500 пФ.

Емкостные датчики влажности характеризуются низким температурным коэффициентом, возможностью работы на высоких температурах (вплоть до 200 °С), возможностью полного восстановления от попадания конденсата и умеренной стойкостью к химическим испарениям. Время отклика датчиков составляет от 30 до 60 с для шага изменения влажности в 63 %.

Третий тип емкостного датчика влажности – это емкостный тонкопленочный гигрометр (рис. 11). Он включает в себя подложку, на которую нанесены два гребенчатых электрода. Гребенчатые электроды играют в данном случае роль обкладок. С целью термокомпенсации в датчик дополнительно вводят еще и два термодатчика.

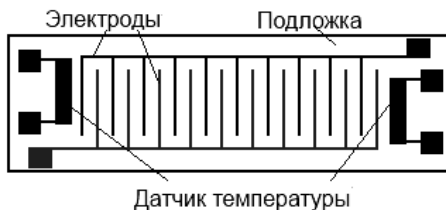


Рис. 11. Конструкция емкостного тонкопленочного гигрометра

Резистивный датчик влажности

Такой датчик включает в себя два электрода, которые нанесены на подложку, поверх электродов нанесен слой материала, который отличается достаточно малым сопротивлением, сильно меняющимся в зависимости от влажности (рис. 12).

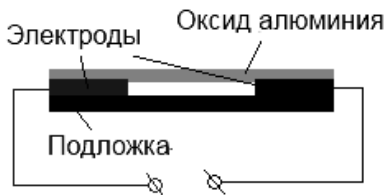


Рис. 12. Конструкция резистивного датчика влажности

Подходящим материалом в устройстве может выступать оксид алюминия. Данный оксид хорошо поглощает из внешней среды воду, при этом удельное сопротивление его заметно изменяется. В результате общее сопротивление цепи измерения такого датчика будет значительно зависеть от влажности. Так, об уровне влажности станет свидетельствовать величина протекающего тока. Достоинство датчиков такого типа – низкая стоимость.

Термисторный датчик влажности

Термисторный гигрометр (рис. 13) состоит из пары одинаковых термисторов (*термистор* – нелинейный электронный компонент, сопротивление которого сильно зависит от его температуры).

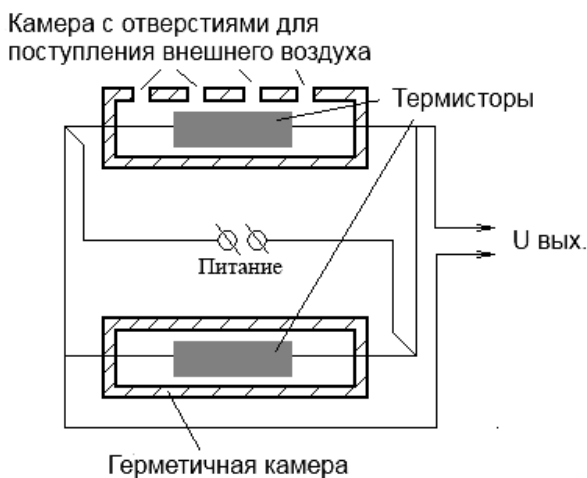


Рис. 13. Конструкция термисторного гигрометра

Один из включенных в схему термисторов размещают в герметичной камере с сухим воздухом. А другой – в камере с отверстиями, через которые в нее поступает воздух с характерной влажностью, значение которой требуется измерить. Термисторы соединяют по мостовой схеме, на одну из диагоналей моста подается напряжение, с другой диагонали считывают показания.

В случае, когда напряжение на выходных клеммах равно нулю, температуры обоих компонентов равны, следовательно, одинакова и влажность. В случае, когда на выходе будет получено не нулевое

напряжение, это будет свидетельствовать о наличии различий значений влажности в камерах. Так, по значению полученного при измерениях напряжения определяют влажность, т. е. при увеличении влажности с корпуса термистора начинает испаряться вода, при этом температура корпуса уменьшается, и чем выше влажность, тем более интенсивно происходит испарение, и тем стремительнее остывает термистор.

Оптический (конденсационный) датчик влажности

Этот вид датчиков наиболее точен. В основе работы оптического датчика влажности – явление, связанное с понятием «точка росы». В момент достижения температурой «точки росы» газообразная и жидкая фазы находятся в условии термодинамического равновесия.

Так, если взять стекло и установить в газообразной среде, где температура в момент исследования выше «точки росы», а затем начать процесс охлаждения данного стекла, то при конкретном значении температуры на поверхности стекла начнет образовываться водяной конденсат – это водяной пар станет переходить в жидкую фазу. Данная температура и будет «точкой росы».

Температура «точки росы» неразрывно связана и зависит от таких параметров окружающей среды, как влажность и давление. В результате, имея возможность измерения давления и температуры «точки росы», можно легко определить и влажность. Этот принцип служит основой для функционирования оптических датчиков влажности.

Простейшая схема такого датчика состоит из светодиода, светящего на зеркальную поверхность. Зеркало же отражает свет, меняя его направление и направляя на фотодетектор. В данном случае зеркало можно подогревать или охлаждать посредством специального устройства регулирования температуры высокой точности. Часто таким устройством выступает термоэлектрический насос. На зеркало устанавливают датчик для измерения температуры.

Прежде чем начать измерения, температуру зеркала выставляют на значение, которое заведомо выше температуры «точки росы». Затем осуществляют постепенное охлаждение зеркала. В момент, когда температура начнет пересекать «точку росы», на поверхности зеркала начнут конденсироваться капли воды, и световой луч от диода преломится, рассеется, что приведет к уменьшению тока

в цепи фотодетектора. Через обратную связь фотодетектор взаимодействует с регулятором температуры зеркала.

Так, опираясь на информацию, полученную в форме сигналов от фотодетектора, регулятор температуры станет удерживать температуру на поверхности зеркала точно равной «точке росы», а термодатчик, соответственно, покажет температуру. Так, при известных давлении и температуре можно точно определить основные показатели влажности.

Оптический датчик влажности обладает самой высокой точностью, недостижимой другими типами датчиков, плюс – отсутствие гистерезиса. Недостатки – самая высокая цена, большое потребление электроэнергии, необходимость постоянной очистки зеркала.

Гигрометр электронный

Принцип работы электронного датчика влажности воздуха основан на изменении концентрации электролита, покрывающего собой любой электроизоляционный материал. Существуют приборы с автоматическим подогревом с привязкой к «точке росы». Простые электронные гигрометры (рис. 14) имеют форму двух электродов, которые просто втыкаются в почву, контролируя ее влажность по степени проводимости в зависимости от этой влажности.

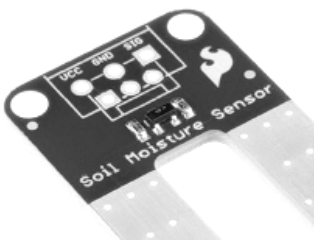


Рис. 14. Простой электронный гигрометр

При выборе датчика влажности следует учитывать: необходимость измерения относительной или абсолютной влажности воздуха или почвы, диапазон измерений, важность гистерезиса и требуемую точность.

Самый точный датчик – оптический. Следует обратить внимание на класс защиты IP, диапазон рабочих температур в зависимости

от конкретных условий использования датчика, соответствие параметров требованиям.

Температурные датчики, их виды

Во многих технологических процессах одной из наиважнейших физических величин является температура. В промышленности для ее измерения применяют датчики температуры.

В основе работы любых температурных датчиков, использующихся в системах автоматического управления, лежит принцип преобразования измеряемой температуры в электрическую величину. Это обусловлено следующими достоинствами электрических измерений: электрические величины удобно передавать на расстояние, причем передача осуществляется с высокой скоростью; электрические величины универсальны в том смысле, что любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот; они точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности, чувствительности и быстродействия средств измерений.

Термопреобразователи сопротивления

Принцип действия термопреобразователей сопротивления (терморезисторов) основан на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников в зависимости от температуры (рис. 15).

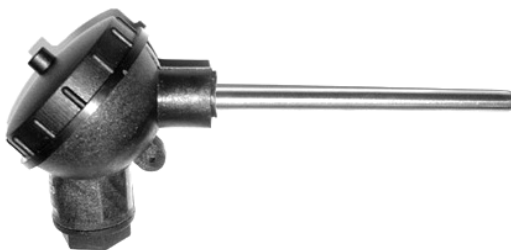


Рис. 15. Термопреобразователь сопротивления

Материал, из которого изготавливается такой датчик, должен обладать высоким температурным коэффициентом сопротивления, по возможности – линейной зависимостью сопротивления от температуры, хорошей воспроизводимостью свойств, инертностью

к воздействиям окружающей среды. В наибольшей степени указанным свойствам удовлетворяет платина; в чуть меньшей – медь.

Платиновые терморезисторы предназначены для измерения температур в пределах от минус 260 °С до минус 1100 °С. В диапазоне температур от 0 до плюс 650 °С их используют в качестве образцовых и эталонных средств измерений, причем нестабильность градуировочной характеристики таких преобразователей не превышает 0,001 °С.

Платиновые терморезисторы обладают высокой стабильностью и воспроизводимостью характеристик. Их недостатками являются высокая стоимость и нелинейность функции преобразования, поэтому они используются для точных измерений температур в соответствующем диапазоне.

Широкое распространение на практике получили более дешевые медные терморезисторы.

Недостатком меди является небольшое ее удельное сопротивление и легкая окисляемость при высоких температурах, вследствие чего конечный предел применения медных термометров сопротивления ограничивается температурой 1800 °С. По стабильности и воспроизводимости характеристик медные терморезисторы уступают платиновым.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) (рис. 16)

Принцип действия термопар основан на термоэлектрическом эффекте, заключающемся в том, что в замкнутом контуре, состоящем из двух разнородных проводников (или полупроводников), течет ток, если места спаев проводников имеют различные температуры. Если взять замкнутый контур, состоящий из разнородных проводников (термоэлектродов), то на их спаях возникнут термо-ЭДС $E(t)$ и $E(t_0)$, зависящие от температур t и t_0 этих спаев. Так как эти термо-ЭДС оказываются включенными встречно, то результирующая термо-ЭДС, действующая в контуре, равна $E(t) - E(t_0)$.

При равенстве температур обоих спаев результирующая термо-ЭДС равна нулю. Спай, погружаемый в контролируемую среду, называется рабочим концом термопары, а второй спай – свободным. У любой пары однородных проводников значение результирующей термо-ЭДС зависит только от природы проводников и от температуры спаев и не зависит от распределения температуры вдоль проводников.



Рис. 16. Термоэлектрический преобразователь

Термоэлектрический контур можно разомкнуть в любом месте и включить в него один или несколько разнородных проводников. Если все появившиеся при этом места соединений находятся при одинаковой температуре, то результирующая термо-ЭДС, действующая в контуре, не изменяется. Это используется для измерения термо-ЭДС термопары. Создаваемая термопарами ЭДС сравнительно невелика: она не превышает 8 мВ на каждые 100 °С и обычно не превышает по абсолютной величине 70 мВ. Термопары позволяют измерять температуру в диапазоне от минус 200 °С до плюс 2200 °С. Для измерения температур до 1100 °С используют в основном термопары из неблагородных металлов, для измерения температур от 1100 °С до 1600 °С – термопары из благородных металлов и сплавов платиновой группы, для измерения более высоких температур – термопары из жаростойких сплавов (на основе вольфрама).

Электроизмерительный прибор (милливольтметр) или измерительный усилитель термо-ЭДС могут подключаться к контуру термопары двумя способами: в свободный конец термопары или в один из термоэлектродов; выходная термо-ЭДС от способа подключения измерительных устройств не зависит. При измерении температуры свободные концы термопары должны находиться при постоянной температуре, но, как правило, свободные концы термопары конструктивно выведены на зажимы на ее головке, следовательно, расположены в непосредственной близости от объектов, температура которых измеряется.

Для устранения погрешности широкое применение находит автоматическое введение поправки на температуру свободных концов термопары.

Серьезным недостатком рассмотренных термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей является необходимость введения датчика в контролируемую среду, в результате чего происходит искажение исследуемого температурного поля. Кроме того, непосредственное воздействие среды на датчик ухудшает стабильность его характеристик, особенно при высоких и сверхвысоких температурах и в агрессивных средах. От этих недостатков свободны тепловизоры.

Тепловизор – прибор, предназначенный для определения теплового излучения на исследуемой поверхности. Метод исследования – бесконтактный, он обеспечивает бесперебойную работу при изучении движущихся объектов. Устройство служит для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Принцип действия тепловизора основан на преобразовании энергии инфракрасного излучения в электрический сигнал, который усиливается и воспроизводится на экране индикатора. Распределение температуры отображается на дисплее тепловизора как цветное поле, где определенной температуре соответствует определенный цвет. Как правило, на дисплее отображается диапазон температуры, видимой в объектив поверхности.

В зависимости от функций, которые выполняет инструмент, различают несколько видов тепловизоров.

Измерительные тепловизоры выдают радиометрическое изображение, в результате чего можно определить температурные показатели всех объектов в зоне наблюдения. Данный вид аппаратуры применяется в медицине, строительстве, промышленности, при тестировании электрооборудования, механических коммуникаций.

Наблюдательные – обеспечивают только визуализацию объектов, находят применение в военном деле, охранных и силовых структурах, в спасательных операциях и т. п.

Существует масса критериев классификации тепловизионной аппаратуры. По типу исполнения они бывают стационарные и переносные. Стационарный тепловизор предназначается для наблюдения за одной зоной, поэтому устанавливается фиксировано на определенном месте. Например, на производстве может быть установлена такая модель для слежения за температурой объектов на конвейере. Портативные тепловизоры используются в строительстве, энергетике, некоторых отраслях промышленности. Они устроены

таким образом, что их можно перемещать к различным объектам наблюдения. Их масса колеблется от 0,3 до 2,0 кг. Разные модели оснащаются необходимыми системами: экраном, оптикой, встроенными фотоаппаратами, подсветкой и прочей гарнитурой. Переносные приборы имеют автономный аккумулятор, который обеспечивает питание техники до 8 часов. Одной из важных функций является то, что все зафиксированные данные сохраняются в приборе, и затем их можно перенести на компьютер для дальнейшей обработки. Файлы сохраняются в виде фотографий и видео.

Пирометры визуальные – разновидность инструментов для наблюдения, которые способны выявить зоны с аномальным температурным режимом. Пирометры – бесконтактные датчики (рис. 17), работа которых основана на использовании излучения нагретых тел.



Рис. 17. Пирометр

Тепловое излучение любого тела можно характеризовать количеством энергии, излучаемой телом с единицы поверхности в единицу времени и приходящейся на единицу диапазона длин волн. Такая характеристика представляет собой спектральную плотность и называется спектральной светимостью (интенсивностью монохроматического излучения).

Интенсивность излучения любого реального тела всегда меньше интенсивности абсолютно черного тела при той же температуре.

Уменьшение спектральной светимости реального тела по сравнению с абсолютно черным учитывают введением коэффициента неполноты излучения; его значение различно для разных физических тел и зависит от состава вещества, состояния поверхности тела и других факторов. Использующие энергию излучения нагретых тел пирометры делятся на радиационные, яркостные и цветовые.

Кварцевые термопреобразователи

Для измерения температур от минус 80 °С до плюс 250 °С часто используются так называемые кварцевые термопреобразователи, использующие зависимость собственной частоты кварцевого элемента от температуры. Работа данных датчиков основана на том, что зависимость частоты преобразователя от температуры и линейность функции преобразования изменяются в зависимости от ориентации среза относительно осей кристалла кварца.

Кварцевые термопреобразователи имеют высокую чувствительность (до 103 Гц/К), высокую временную стабильность и разрешающую способность, что и определяет их перспективность. Данные датчики широко используются в цифровых термометрах.

Шумовые датчики

Действие шумовых термометров основано на зависимости шумового напряжения на резисторе от температуры.

Практическая реализация метода измерения температуры на основе шумовых резисторов заключается в сравнении шумов двух идентичных резисторов, один из которых находится при известной температуре, другой – при измеряемой. Шумовые датчики используются, как правило, для измерения температур в диапазоне от минус 270 °С до плюс 1100 °С.

Достоинством шумовых датчиков является принципиальная возможность измерения термодинамической температуры на основе указанной закономерности. Однако это значительно осложняется тем, что среднее квадратическое значение напряжения шумов трудно измерить точно вследствие его малости и сопоставимости с уровнем шума усилителя.

Дилатометрические преобразователи

Дилатометрические (объемные) датчики измерения температуры основаны на явлении расширения (сжатия) твердых тел, жидкостей или газов при увеличении (уменьшении) температуры.

Температурный диапазон работы преобразователей, основанных на расширении твердых тел, определяется стабильностью свойств материалов при изменении температуры. Обычно с помощью таких преобразователей измеряют значения температуры в диапазоне от минус 60 °С до плюс 400 °С. Погрешность преобразования составляет 1 %–5 %. Температурный диапазон работы преобразователя с расширяющейся жидкостью зависит от значений температуры замерзания и кипения последней (для ртути от минус 39 °С до плюс 357 °С, для амилowego спирта от минус 117 °С до плюс 132 °С, для ацетона от минус 94 °С до плюс 570 °С. Погрешности жидкостных преобразователей составляют 1 %–3 % и в значительной степени зависят от температуры окружающей среды, изменяющей размеры капилляра.

Нижний предел измерения преобразователей, использующих в качестве рабочей среды газ, ограничивается температурой сжижения газа (минус 195 °С для азота, минус 269 °С для гелия), верхний предел – лишь теплостойкостью баллона.

Акустические датчики

Акустические термометры основаны на зависимости скорости распространения звука в газах от их температуры и используются в основном диапазоне средних и высоких температур. Акустический термометр содержит пространственно разнесенные излучатель акустических волн и их приемник, обычно включаемые в цепь автогенератора, частота колебаний которого меняется с изменением температуры; обычно такой датчик использует и различного типа резонаторы.

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить типы и принципы работы датчиков влажности и температуры.
2. Изучить схемы подключения датчиков температуры.
3. Составить принципиальную электрическую схему подключения датчика температуры по трехпроводной схеме к дополнительному модулю для контроллера AL2-24MR-D.
4. Составить программу для контроллера с использованием датчика температуры (по заданию преподавателя).
5. Произвести моделирование работы программы с датчиками температуры.

6. Подобрать датчик для измерения влажности в помещении.
7. Освоить основные режимы работы тепловизора DF-9875 (инструкция по эксплуатации).

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема подключения датчиков влажности с унифицированным выходом к контроллеру.
3. Определение типа датчика температуры.
4. Принципиальная электрическая схема подключения датчиков температуры по трехпроводной схеме к дополнительному модулю контроллера.
5. Ответы на вопросы.
6. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Объясните назначение датчиков влажности.
2. Объясните принципы работы датчиков влажности.
3. Какие величины используются для измерения влажности?
4. Какие параметры необходимо учитывать при выборе датчика влажности?
5. Объясните принцип работы емкостного датчика влажности.
6. Объясните принцип работы резистивного датчика влажности.
7. Объясните принцип работы термисторного датчика влажности.
8. Объясните принцип работы оптического (конденсационного) датчика влажности.
9. Объясните принцип работы датчиков температуры.
10. Объясните принцип работы термопреобразователей (схема подключений).
11. Объясните принцип работы термоэлектрического преобразователя (схема подключений).
12. Объясните принцип работы пирометра (схема подключений).
13. Объясните принцип работы кварцевого термопреобразователя (схема подключений).
14. Объясните принцип работы шумовых датчиков (схема подключения).

15. Объясните принцип работы дилатометрического преобразователя (схема подключения).

16. Объясните принцип работы акустического датчика (схема подключения).

17. Объясните назначение и принцип работы тепловизора DT-9875.

18. Охарактеризуйте основные режимы работы тепловизора DT-9875.

19. Перечислите виды тепловизоров в зависимости от функций, которые они выполняют.

20. Приведите классификацию тепловизоров.

Лабораторная работа № 3

СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАСХОДОМЕРОВ

(2 часа)

Цель работы: приобретение навыков использования и эксплуатации электромагнитных расходомеров.

Лабораторное оборудование. Расходомер РСМ. Плата имитации расхода жидкости с регулированием потока. Макет монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Тестер. Осциллограф.

Краткие теоретические сведения

Расходомер – прибор, измеряющий объемный расход или массовый расход вещества, т. е. количество вещества (объем, массу), проходящее через данное сечение потока, например, сечение трубопровода в единицу времени. Если прибор имеет интегрирующее устройство (счетчик) и служит для одновременного измерения и количества вещества, то его принято называть счетчиком-расходомером.

Для контроля расхода и учета воды и теплоносителя в промышленности применяются электромагнитные расходомеры (рис. 18). Неоспоримые достоинства электромагнитных расходомеров – отсутствие гидродинамического сопротивления, отсутствие подвижных механических элементов, высокая точность, быстроедействие – определили их широкое распространение.

Область применения

Магнитно-индуктивные расходомеры предназначены для измерения практически всех электропроводящих жидкостей, взвесей, паст и суспензий.

Единственным условием является наличие минимальной электропроводности в 5 мкСм/см. Температура, давление, вязкость и плотность не влияют на результат измерения.

Основными сферами применения магнитно-индуктивных расходомеров являются:

- воды и сточные воды;
- химическая и фармацевтическая промышленность;
- пищевая промышленность и промышленность безалкогольных напитков;
- горное дело, цемент и полезные ископаемые;
- энергетика и холодная вода.

Благодаря многообразию комбинаций и конструкций модульная система обеспечивает идеальное согласование с любой задачей измерения.



Рис. 18. Совмещенный электромагнитный расходомер

Принцип действия

Все магнитно-индуктивные расходомеры базируются на законе электромагнитной индукции Фарадея:

$$UM = b \ v \ d \ k,$$

где UM – индуцированное в веществе измерительное напряжение, возникающее вертикально к магнитному полю и к направлению потока. Оно снимается на двух точечных электродах;

b – магнитная индукция, которая пронизывает протекающее вещество вертикально относительно направления потока;

v – скорость потока веществ;
 d – внутренний диаметр измерительной трубки;
 k – коэффициент пропорциональности, или постоянная датчика.

Первичный преобразователь электромагнитного расходомера состоит из измерительной трубки (из немагнитного материала) с внутренней поверхностью, покрытой диэлектриком, в стенку которой в диаметрально противоположных местах вмонтированы электроды, контактирующие с измеряемой средой и предназначенные для съема ЭДС индукции. Обтекаемые током катушки возбуждения создают пульсирующее электромагнитное поле с магнитной индукцией b перпендикулярно к оси трубы (рис. 19).

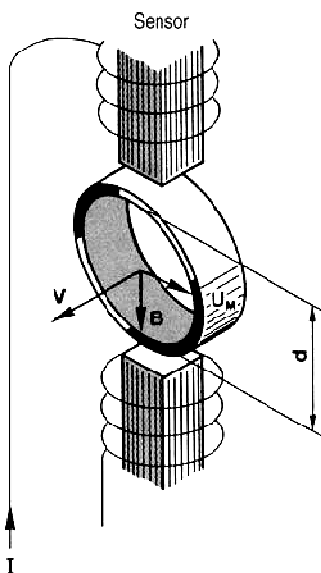


Рис. 19. Схематичный принцип работы магнитного расходомера

Это магнитное поле пронизывает измерительную трубку и протекающее в ней измеряемое вещество, которое должно иметь минимальную электрическую проводимость.

В соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея в электропроводимом измеряемом веществе создается напряжение

UM , пропорциональное скорости потока v измеряемого вещества, магнитной индукции b и расстоянию d между электродами (внутренний диаметр трубопровода).

Напряжение сигнала UM снимается электродами, находящимися в контакте с измеряемым веществом, и проводится через изолирующую стенку трубы. Пропорциональное скорости потока напряжение сигнала UM преобразуется соответствующим измерительным преобразователем в подходящие стандартные сигналы, например, 4–20 мА.

Электромагнитные расходомеры могут быть выполнены как с постоянными магнитами, так и с электромагнитами, питаемыми переменным током. Электромагнитные расходомеры имеют свои достоинства и недостатки, определяющие области их применения.

Труба в зоне измерения расходомера (длина участка 2–5 диаметров трубы) выполняется из непроводящего немагнитного материала. Чаще всего делается футеровка (вставка) из инертных пластиков (типа фторопласта, полиэтилена) в трубу из нержавеющей стали. Для уменьшения турбулентности потока в зоне измерения рекомендуется монтировать расходомер в прямолинейные участки без изменения сечения на протяжении 5–10 диаметров трубы до и после расходомера.

Метрологические характеристики

Погрешность данных приборов определяется в основном погрешностями их градуировки и измерения разности потенциалов. Однако электрохимические процессы на электродах, различные помехи и наводки, неоднородность потока жидкости не позволяют пока получить той потенциально высокой точности измерений расхода, которая вытекает из принципа действия данного типа расходомеров.

Существенным и основным недостатком электромагнитных расходомеров с постоянным электромагнитом, ограничивающим их применение для измерения слабопульсирующих потоков, является поляризация измерительных электродов, при которой изменяется сопротивление преобразователя, следовательно, появляются существенные дополнительные погрешности. Поляризацию уменьшают, применяя электроды из специальных материалов (угольные, каломелиевые) или специальные покрытия для электродов (платиновые, танталовые). Такие расходомеры зачастую требуют ежедневного технического ухода (подрегулировка нуля, поднастройка и т. п.).

В расходомерах с переменным магнитным полем явление поляризации электродов отсутствует, однако появляются другие эффекты, также искажающие полезный сигнал:

- трансформаторный эффект, когда на витке, образуемом жидкостью, находящейся в трубопроводе, электродами, соединительными проводами и вторичными приборами наводится трансформаторная ЭДС, источником которой являются обмотка электромагнита или внешние синхронные наводки (например, от соседних расходомеров). Для их компенсации в измерительную схему прибора вводят компенсирующие цепи или питают электромагнит переключаемым постоянным током;

- емкостный эффект, возникающий из-за большой разности потенциалов между системой возбуждения магнитного поля и электродами и паразитной емкости между ними (соединительные провода и т. п.). Средством борьбы с этим эффектом является тщательная экранировка.

Достоинства и недостатки метода

Первичные преобразователи электромагнитных расходомеров не имеют частей, выступающих внутрь трубопровода (электроды устанавливаются заподлицо со стенкой трубопровода), сужений или изменений профиля. Благодаря этому гидравлические потери на приборе минимальны; кроме того, преобразователь расходомера и технологический трубопровод можно чистить и стерилизовать без демонтажа. Поэтому эти расходомеры используют в биохимической и пищевой промышленности, где доминирующими являются требования к стерильности среды. Отсутствие полых углублений исключает застывание и коагулирование измеряемого продукта.

На показания электромагнитных расходомеров не влияют физико-химические свойства измеряемой жидкости (вязкость, плотность, температура и т. п.), если они не изменяют ее электропроводность.

Конструкция первичных преобразователей позволяет применять новейшие изоляционные, антикоррозийные и другие покрытия, что дает возможность измерять расход агрессивных и абразивных сред. В специальных расходомерах с переменным магнитным полем электроды также могут быть изолированы от жидкости, образуя конденсатор в измерительной цепи.

Метод чувствителен к неоднородностям (пузырькам), турбулентности потока, неравномерности распределения скоростей потока в сечении канала.

Метод чувствителен к паразитным токам заземления, протекающим по трубе. Поэтому при риске возникновения таких токов участки перед расходомером и после него делаются из металлической трубы с тщательным электрическим соединением участков для минимизации паразитных токов через воду в районе расходомера.

Расходомеры (особенно с постоянными магнитами) могут забивать сечение трубы металлическим мусором, удерживаемым магнитной системой расходомера. Для борьбы с этим явлением расходомеры с электромагнитами периодически отключают на короткое время, чтобы поток воды унес мусор.

Отмеченные преимущества обеспечили достаточно широкое распространение электромагнитных расходомеров несмотря на их относительную конструктивную сложность.

Электромагнитные расходомеры непригодны для измерения расхода газов, а также жидкостей с электропроводностью менее 10^{-3} – 10^{-5} См/м, например, легких нефтепродуктов, спиртов и т. п. Применение разрабатываемых в настоящее время специальных автокомпенсирующих устройств позволит существенно снизить требования к электропроводности измеряемых сред и создать электромагнитные расходомеры для измерения расхода любых жидкостей, в том числе и нефтепродуктов.

Наибольшее применение расходомеры нашли в учете водных и энергетических ресурсов (в частности, в отопительных системах).

Электромагнитные расходомеры широко применяют в металлургической, биохимической и пищевой промышленности, в строительстве и руднообогатительном производстве, в медицине, так как они малоинерционны по сравнению с расходомерами других типов. Расходомеры незаменимы в тех процессах автоматического регулирования, где запаздывание играет существенную роль, или при измерении быстро меняющихся расходов.

По своему назначению все приборы, измеряющие расход, можно разделить на две группы: расходомеры для производства денежных расчетов с внешними потребителями (или для хозрасчетов) и расходомеры для внутрицеховых надобностей (учет воды на промывку фильтров, регулирования расходов на приготовление

химикатов и т. п.). В основе действия расходомеров – метод переменного перепада давления.

Одним из важных пунктов указанных «Правил» является нормирование длины прямых участков трубопроводов до и после стандартных сужающих устройств, т. е. диафрагм или сопел Вентури.

Длина (L) (до сужающего устройства) зависит от конструкции трубопровода и модуля сужающего устройства: $L = (d/D)^2$, т. е. от отношения площадей отверстий сужающего устройства (d) и трубопровода (D). Если $L < 0,5$, то длины прямых участков могут быть уменьшены в 2 раза. Длина прямого участка после сужающего устройства во всех случаях должна быть не меньше $5D$. Диаметр трубопровода и его конструкция выбираются проектировщиками, величина d определяется заводом, которому заказан расходомер. Таким образом, длину прямого участка можно определить по таблице. Например, если модуль $L = 0,4$ и перед сужающим устройством установлен вентиль, то отношение $d/D = 26$, откуда $lx = 26D$.

Если через сужающее устройство проходит вода, содержащая небольшое количество взвешенных веществ (хозяйственно-бытовые стоки), то применение камерных диафрагм нежелательно. Для бескамерных диафрагм и сопел Вентури рекомендуется предусматривать систему непрерывной или периодической промывки чистой водой. Для ротаметров, электромагнитных и скоростных расходомеров длины прямых участков не нормируются и принимаются около $5D$ перед прибором и $(2-5)D$ после него.

Правила замены первичного преобразователя раздельной системы
Перед началом работы отключите источник питания!

1. Запишите маркировку проводов перед демонтажом старого первичного преобразователя.

2. Установите новый первичный преобразователь, как указано в прилагаемой инструкции по монтажу.

3. Проведите электрические подключения в преобразователе сигнала как указано в инструкции по его монтажу и эксплуатации.

4. Индивидуальные калибровочные характеристики каждого первичного преобразователя, которые обозначены на фирменной табличке, определяются при калибровке на заводе-изготовителе. Сюда входят постоянная калибровки GK и частота магнитного поля. Эти данные должны быть перезагружены в преобразователе сигнала.

5. Если размер первичного преобразователя также отличается от старого, значения верхнего предела измерения и размера прибора должны быть перезагружены.

6. После перезагрузки преобразователя сигнала выполните проверку нуля.

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить типы и принципы работы электромагнитных расходомеров.

2. Изучить схемы подключения расходомера.

3. Изучить схему подключения расходомера с использованием интерфейса.

4. Изучить режимы настройки расходомера (инструкция по эксплуатации).

5. Составить принципиальную электрическую схему подключения имитатора входного сигнала для вторичного преобразователя.

6. Проверить схему подключения блока имитатора входного сигнала вместо первичного преобразователя.

7. Произвести настройку расходомера с использованием блока имитатора входного сигнала.

8. Проверить работоспособность расходомера, изменяя уровень выходного сигнала блока имитации.

9. Изучить схемы подключения выходных дискретных сигналов расходомера к контроллеру.

10. Составить принципиальную электрическую схему подключения расходомера к цифровому входу контроллера.

11. Написать программу для контроллера с использованием расходомера.

12. Произвести моделирование работы программы.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.

2. Характеристики электромагнитного расходомера.

3. ПЭС подключения электромагнитного расходомера.

4. Ответы на вопросы.

5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Чем отличаются магнитные и электромагнитные расходомеры?
2. Перечислите достоинства электромагнитного метода измерения расхода.
3. Назовите основные метрологические характеристики метода.
4. Укажите недостатки электромагнитного метода измерения расхода.
5. Перечислите условия использования электромагнитных расходомеров.
6. От чего зависит длина прямого участка трубопровода?
7. Перечислите правила установки первичного преобразователя.
8. Перечислите правила замены первичного преобразователя.
9. Назовите типы выходных сигналов расходомера.

Лабораторная работа № 4 СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ДАТЧИКОВ ВЕСА

(4 часа)

Цель работы: приобретение навыков наладки и эксплуатации электронных датчиков веса. Знакомство с основными приемами взвешивания, с устройством весов. Изучение схем подключения тензодатчиков.

Лабораторное оборудование. Лабораторный стенд. Технологическое оборудование и инструменты. Весовой терминал ХК3118Т1. Тензодатчик. Измерительные приборы. ПК.

Краткие теоретические сведения

Масса (m) – скалярная физическая величина, являющаяся одной из семи основных в Международной системе единиц (СИ). Основной единицей измерения массы в СИ является килограмм (кг), также используются его производные: миллиграмм (10^{-6} кг), микрограмм (10^{-9} кг) и др. Существуют и внесистемные единицы измерения: тонна (1000 кг), центнер (100 кг), пуд (16,38 кг), фунт (453,59237 г), унция ($\frac{1}{16}$ фунта), карат (0,2 грамма).

Следует различать понятия массы тела и веса тела.

Масса – характеристика, которая для данного тела неизменна.

Вес – сила (ед. измерения – ньютон, Н), с которой тело действует на опору или подвес. Вес приложен к опоре (подвесу), он может изменяться при движении тела. Вес тела $F = mg = P$ (если тело и весы покоятся относительно Земли) может быть определен как через сравнение с эталонной массой (как в рычажных весах), так и через измерение силы, с которой тело действует на опору или подвес.

Весы – устройство или прибор для определения массы тел взвешиванием, т. е. измерением действующей на него силы тяжести.

Взвешиванием называют сравнение массы данного тела с массой гирь, масса которых известна и выражена в определенных единицах (мг, г, кг). Весы являются важнейшим прибором в химической

лаборатории, т. к. почти ни одна работа в ней не обходится без определения массы того или иного вещества или тары, в которую помещают взвешиваемое вещество.

Классификация весов

По принципу действия

В зависимости от того, на каких используемых физических законах основано взвешивание, различают следующие весы:

- рычажные (основаны на принципе рычага);
- пружинные (основаны на законе Гука, например, ручные пружинные весы);
- тензометрические (основаны на преобразовании деформации тензодатчика);
- гидростатические (основаны на действии архимедовой силы, применяются для измерения плотности тел);
- гидравлические.

Классификация весов

1. В зависимости от сферы использования устройства взвешивания подразделяются:

- на торговые,
- бытовые,
- товарные,
- лабораторные,
- фасовочные,
- портативные,
- другие.

2. В зависимости от класса точности:

- со средним классом точности;
- с обычным классом точности.

3. В зависимости от типа уравновешивающего механизма:

- механические,
- электронные (электромеханические).

4. В зависимости от метода уравновешивания:

- с уравновешиванием автоматического типа;
- с уравновешиванием полуавтоматического типа;
- с уравновешиванием неавтоматического типа.

5. В зависимости от типа отсчитывающего устройства:

- с отсчетным устройством аналогового типа (стрелочные);
- с отсчетным устройством дискретного типа (цифровая индикация).

Все измерительные приборы должны отвечать метрологическим и эксплуатационным требованиям. Важнейшими метрологическими требованиями, предъявляемыми к весам, является точность взвешивания, чувствительность, постоянство показаний и устойчивость весов.

Точность взвешивания – свойство весов измерять массу товара с отклонением от истинной на величину, не превышающую установленную государственным стандартом допустимую погрешность.

Величина допустимой погрешности зависит от наибольшего предела взвешивания весов, массы товара и выражается в делениях шкалы циферблата.

Чувствительность – свойство весов выходить из состояния равновесия при увеличении нагрузки на величину, равную наибольшей допускаемой погрешности. Чем меньшую массу они обнаруживают, тем они чувствительнее и предпочтительнее для использования.

Устойчивость – свойство весов самостоятельно восстановить равновесие после намеренного выведения их из этого положения.

Основные параметры весов

Наибольший предел взвешивания (НПВ) – верхняя граница предела взвешивания, определяющая наибольшую массу, измеряемую при одноразовом взвешивании.

Наименьший предел взвешивания (НмПВ) – нижняя граница предела взвешивания, определяется минимальным грузом, при одноразовом взвешивании которого относительная погрешность взвешивания не должна превышать допустимое значение.

Цена деления **d** – разность значений массы, соответствующих двум соседним отметкам шкалы весов с аналоговым отсчетным устройством, или значение массы, соответствующее дискретности отсчета цифровых весов.

Цена поверочного деления **e** – условная величина, выраженная в единицах массы, используемая при классификации весов и нормировании требований к ним.

Число поверочных делений **n** – значение НПВ/**e**.

Предельно допустимая погрешность измерений определяется ценой поверочного деления **e**. Обычно производитель весов гарантирует

следующее соотношение: $d = e$. Чем ниже погрешность, тем выше точность измерений.

Пылевлагозащита IP (International Protection, «Ingress») – степени защиты, обеспечиваемые оболочками (IEC 60529, DIN 40050, ГОСТ 14254–96). Обычно обозначается так: IP и две цифры, первая – степень защиты людей от доступа к опасным частям электрооборудования и самого изделия от попадания внутрь посторонних твердых предметов (от 0 до 6), вторая – степень его защиты от вредных воздействий в результате проникновения воды (от 0 до 8). Защиту от пыли имеют изделия с IP5X и выше. Защиту от брызг – изделия с IPX3 и выше, герметизацию – IPX7 и IPX8. Максимальная степень защиты электрооборудования по госстандарту – IP68 (пыленепроницаемое и герметичное при длительном нахождении под слоем воды 15 см от верхней точки).

Взрывозащита весов Ex предусматривает использование весов в среде огне- и взрывоопасных смесей на предприятиях нефтеперерабатывающей, химической, горнодобывающей, пищевой промышленности, поэтому весовое оборудование выполняется во взрывозащищенном исполнении.

Устройство выборки массы тары – устройство, позволяющее привести показания весов к нулю, когда тара помещается на грузоприемное устройство, с уменьшением НПВ на массу тары.

Устройство компенсации массы тары – устройство, позволяющее привести показания весов к нулю, когда тара помещается на грузоприемное устройство, без уменьшения НПВ.

Основные способы измерения массы электронными весами:

- ультразвуковой – груз давит на струну, на которую подается звуковой сигнал высокой частоты. Пропорционально нагрузке изменяется частота звучания металлической струны. Измеряется разница между начальной и конечной частотами);
- магнитный (применяется в аналитических, высокоточных лабораторных весах);
- гидравлический (применяется в отдаленных местах, где нет доступа к электрическому питанию);
- пневматический (используется в местах, где очень важен фактор внутренней безопасности и гигиены);
- тензометрический (самый популярный, недорогой и практичный способ измерения веса).

Принцип действия электронных тензометрических весов основан на преобразовании силы тяжести взвешиваемого груза в аналоговый сигнал на выходе силоизмерительных датчиков, на которых устанавливается грузоприемная платформа, и дальнейшей цифровой обработке контроллером с выдачей цифрового значения веса.

Основой электронных тензометрических весов является тензодатчик.

Тензодатчик (тензорезисторный датчик) – преобразователь силы, измеряющий массу методом преобразования измеряемой величины (веса) в другую измеряемую величину (выходной сигнал) с учетом влияния силы тяжести и выталкивающей силы воздуха, действующих на взвешиваемый объект. Тензодатчики могут давать показания с точностью до 0,03 %–0,25 %; они совместимы с любым весоизмерительным оборудованием, и их можно использовать в любой промышленности.

Основной электрической характеристикой тензодатчика является чувствительность.

Чувствительность тензодатчика – это отношение выходного напряжения сигнала $U_{\text{сигн}}$ (мВ) к входному напряжению питания тензометрического моста $U_{\text{пит}}$ (В).

Как правило, в паспортных данных к тензодатчику чувствительность (номинальная) обозначается C_n . Например, если указано $C_n = 2$ мВ/В и номинальная нагрузка $E_{\text{max}} = 10$ т (тонн), то следует понимать, что при $U_{\text{пит}} = 10$ В и воздействии груза массой 1 т, $U_{\text{сигн}} = 2$ мВ.

От выбора типа тензодатчика, узластройки, конструкции платформы, качества фундамента (основания) весов зависит надежность и качественная работа, которая невозможна без вторичных преобразователей сигнала или весовых индикаторов (терминалов).

Конструктивно тензодатчик состоит из металлического основания, которое изготавливают из материалов высокой степени очистки, и тензорезисторов. Тензорезисторы изменяют свое сопротивление пропорционально их деформации (рис. 20).

Узелстройки – устройство, обеспечивающее правильную установку тензодатчика в конструкцию электронных весов, дозаторов, бункеров.

От выбора способа установки датчиков зависит качество функционирования весоизмерительной системы, долговечность работы, надежность конструкции весов в целом.



Рис. 20. Тензодатчик

При проектировании, монтаже и эксплуатации весоизмерительных систем особое внимание необходимо уделять способу передачи нагрузки от грузоприемного устройства к тензодатчикам веса; от правильности выбора зависят метрологические характеристики весов и безаварийная работа.

Для исключения влияния температуры на сопротивление тензорезисторов используются различные схемы температурной компенсации. Если же температурной компенсации в датчике нет, тогда температурные корректировки в показания значений массы вносятся весоизмерительным контроллером по результатам измерения температуры окружающей среды.

Таким образом, измеряя сопротивление тензорезисторов, можно точно определить нагрузку на датчик и преобразовать ее в массу груза.

Для правильного функционирования весов важно соблюдать характер приложения нагрузки. Вектор силы, воздействующий на датчик, должен быть строго направлен на ось датчика (упругий элемент тензодатчика, стержень, кольцо). Для исключения бокового влияния нагрузки применяют самоустанавливающиеся (самоцентрирующиеся) конструкции. Поверхность опор таких тензодатчиков имеет сферическую форму.

Для электрического соединения тензорезисторов используется мостовая схема включения тензорезисторов – мост Уитстона (рис. 21).

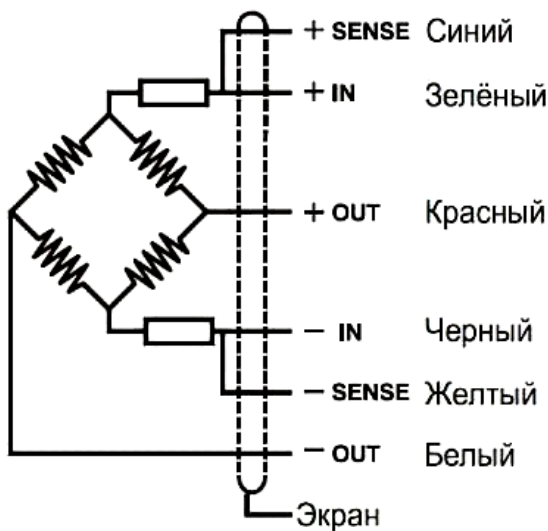


Рис. 21. Мост Уитстона – стандартное подключение

Схема представляет собой 4 тензорезистора, соединенных в электрический мост:

$U_{\text{пит}}$ (+IN; –IN) – напряжение питания измерительного моста, как правило, в интервале 3–30 В переменного или постоянного тока;

$U_{\text{сигн}}$ (+OUT; –OUT) – напряжение измерительной диагонали моста;

R_1, R_2, R_3, R_4 – сопротивления плеч измерительного моста;

R_k – добавочное сопротивление, необходимое для компенсации изменения температуры окружающей среды и выравнивания чувствительности.

Существуют два варианта схем подключения тензодатчиков веса к весовому терминалу или индикатору: 4-проводная (рис. 22) и 6-проводная схемы.

Данная схема подключения удобна в использовании, когда нет необходимости в изменении длин кабелей тензодатчиков, а также нет надобности в температурной компенсации изменения сопротивления питающего кабеля, вследствие изменения температуры окружающей среды. Данная схема проста в монтаже, можно использовать данную схему подключения 4-проводных тензодатчиков. Существенно лучшими метрологическими характеристиками обладает 6-проводная схема подключения.

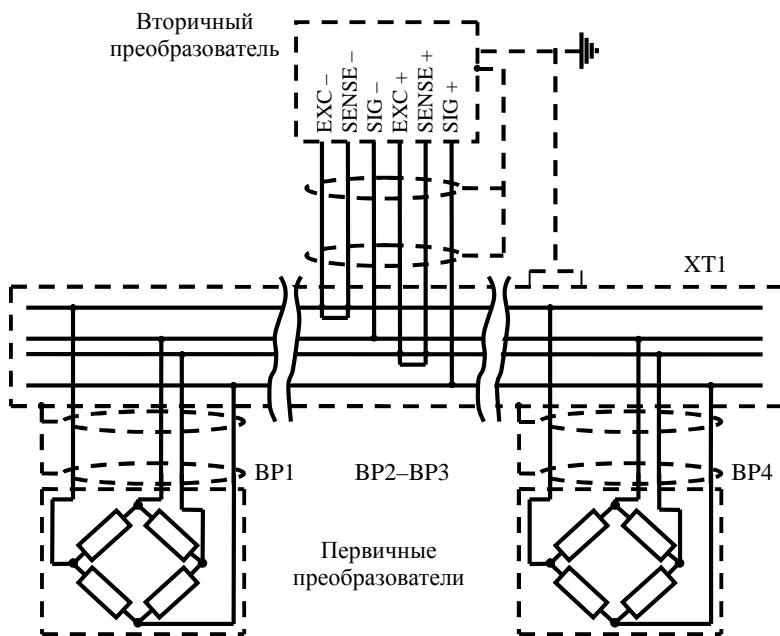


Рис. 22. 4-проводная схема подключения датчиков (BP1–BP4)

Для компенсации влияния изменения сопротивления кабеля питания под воздействием внешних факторов используется 6-проводная схема подключения (рис. 23).

В зависимости от типов весов грузоприемное устройство устанавливается на разное количество тензодатчиков.

Для подключения группы тензодатчиков применяют суммирующие платы XT1, которые позволяют не только объединить сигналы с тензодатчиков, но и произвести выравнивание угловых нагрузок за счет добавочных резисторов, включаемых в цепь сигнала датчиков.

Функция суммирующей платы – соединение между собой группы тензодатчиков для формирования результирующего сигнала о весе.

В качестве выходного устройства измерения используется весовой индикатор. Весовой индикатор является одним из простых и доступных устройств весоизмерительной техники, предназначен для измерения, преобразования и вывода информации о весе в удобном для пользователя виде.

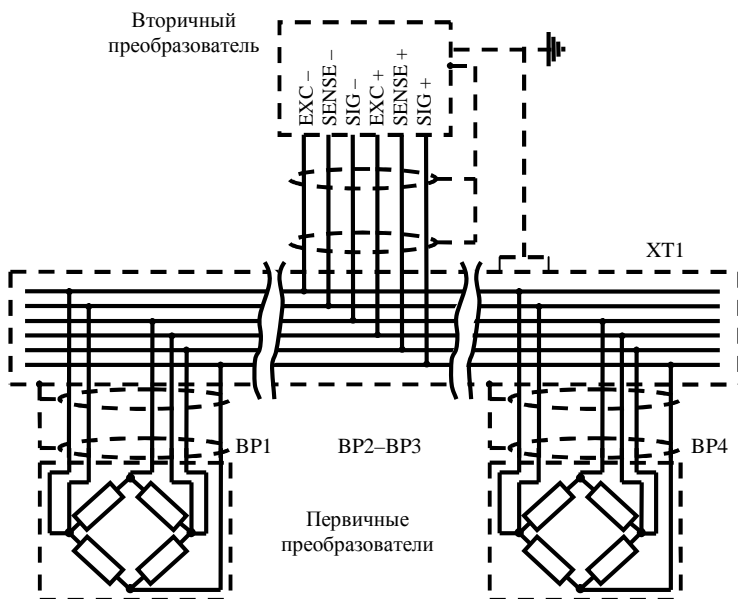


Рис. 23. 6-проводная схема подключения датчиков (BP1–BP4)

Весовой индикатор – вторичный преобразователь сигнала; в качестве первичных преобразователей веса применяются тензорезисторные датчики силы – тензодатчики.

Весовой индикатор включает в себя:

- источник питания, который обеспечивает необходимые уровни напряжения для функционирования электронных узлов;
- главную плату, на которой размещены микропроцессор, платы устройств ввода/вывода, плата АЦП, плата индикации и пользовательской клавиатуры;
- плату АЦП, которая является устройством усиления и преобразования сигнала тензодатчиков;
- платы ввода/вывода, необходимые для расширения возможностей прибора, подключения токового выхода 4-20мА, интерфейсов RS-485, Ethernet, Profibus.

Весовой индикатор используется в конструкциях электронных весов различного типа и предназначения.

Весовой терминал типа ХК3118Т1 предназначен для измерения сигнала от аналоговых тензодатчиков и преобразования в единицы

веса (кг или фунты). Индикация веса осуществляется на 6-разрядном светодиодном дисплее. Терминал предназначен для работы с промышленными весами различных типов.

Для предотвращения несанкционированного изменения параметров калибровки на задней стенке терминала имеется крышка, которая закрывает кнопку «Калибровка». Крышка крепится специальным винтом, головка которого имеет отверстие для опломбирования.

Для входа в режим калибровки используется кнопка на задней панели, закрытая планкой, с возможностью опломбирования после калибровки.

Терминал имеет следующие особенности и функции:

- простое управление благодаря информативной передней панели;
- 6-разрядный светодиодный дисплей;
- питание от сети или от встроенного заряжаемого аккумулятора;
- функция учета веса тары;
- суммирование веса при многократном взвешивании и индикация суммарного веса и количества взвешиваний;
- автообнуление с настраиваемым диапазоном действия;
- программирование параметров наибольшего и наименьшего пределов взвешивания;
- выбор дискретности отсчета;
- выбор скорости передачи данных.

Технические характеристики:

- класс точности.....III, $n = 3000$
- компенсация веса тарыот 0 до НПВ
- выходRS 232
- количество отображаемых десятичных знаков.....3
- высота знаков.....20 мм
- максимальное количество датчиков
с сопротивлением 350 Ом.....6 шт.
- напряжение питания тензодатчиков.....5 В
- ток, не более.....300 мА
- входная чувствительность.....1,5 мкВ/дел
- входной сигнал.....16–18 мВ
- нелинейность от всей шкалы.....0,02 %
- частота АЦП.....10 Гц

- электропитание.....DC 10 В
- потребление.....6 Вт
- диапазон рабочих температур.....от минус 10 °С до плюс 40 °С
- габариты.....250×180×100 мм
- масса, не более.....1,5 кг

При 4-проводной схеме подключения тензодатчика между контактами 1 и 2, 6 и 7 ставится перемычка.

Подключение датчика к терминалу должно иметь надежный контакт.

Экранирующий провод должен быть подключен к контакту «земля».

Подключать или отключать датчик необходимо при выключенном терминале.

Терминал и весовые датчики должны быть надежно защищены от статического электричества.

Программа и методика выполнения работы

1. Освоить функции и методы работы с терминалом (Инструкция по эксплуатации).
 - 1.1. Включение и отключение функции **Автообнуление**.
 - 1.2. Обнуление вручную.
 - 1.3. Учет веса тары.
 - 1.4. Функция суммирования веса.
 - 1.5. Настройка параметров и функций.
 - 1.6. Произвести калибровку и настройку параметров терминала.
2. Проверить схему подключения терминала к тензодатчику.
3. Подготовить тензовесы к работе.
4. Произвести измерение веса различных предметов по отдельности.
5. Произвести измерение веса предметов с использованием функции суммирования.
6. Произвести аналогичные измерения с наклоном весов.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема подключения тензодатчика к весовому терминалу типа ХК3118Т1.

3. Схема соединений весового терминала с ПК по интерфейсу RS232.

4. Таблица измеряемых параметров.

5. Ответы на вопросы.

6. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Дайте определение понятиям: масса, единицы измерений. Приведите примеры единиц измерения.

2. Дайте определение понятиям: вес, единицы измерений.

3. Что такое «взвешивание»?

4. Приведите классификацию весов по принципу действия.

5. Перечислите требования, предъявляемые к весоизмерительным приборам.

6. Перечислите способы измерения массы электронными весами.

7. Объясните принцип действия электронных тензометрических весов.

8. Объясните назначение тензодатчика.

9. Дайте определение понятию: чувствительность тензодатчика. Как определяется чувствительность для тензодатчика?

10. Объясните назначение узла встройки тензодатчика.

11. Объясните работу и назначение температурной компенсации тензодатчика.

12. Объясните основные схемы подключения тензодатчиков.

13. Объясните назначение 6-проводной схемы подключения тензодатчиков.

14. Объясните назначение суммирующей платы для подключения тензодатчиков.

15. Объясните назначение весового индикатора.

16. Объясните назначение весового терминала ХК3118Т1.

17. Объясните назначение кнопок весового терминала.

18. Объясните назначение указателей весового терминала.

19. Объясните назначение режима работы «Калибровка».

20. Перечислите основные технические характеристики весового терминала.

Лабораторная работа № 5 **СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ** **ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ** **СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ**

(4 часа)

Цель работы: изучение работы исполнительного механизма под управлением программируемого логического контроллера AL2-14MR-D.

Лабораторное оборудование. Лабораторный стенд с монтажной платой. Программируемый логический контроллер AL2-14MR-D, кабель для программирования AL2-14MR-D. Исполнительный механизм. Соединительные провода и инструменты. Блок питания 24 В. Тестер.

Краткие теоретические сведения

Исполнительные устройства осуществляют через рабочие органы определенные воздействия на объект регулирования при поступлении на его вход сигналов управления. К ним относятся электродвигатели, муфты, тяговые электромагниты, реле.

Рабочие органы обеспечивают при выполнении технологической операции соответствующее воздействие на среду, изменяя ее температуру, состав, давление, скорость, расход и т. п.

Рабочими органами могут быть различного рода заслонки, клапаны, задвижки, шиберы, направляющие аппараты, электрические нагреватели (трубчатые-, СВЧ-, ИК-излучатели) и другие устройства, непосредственно влияющие на протекание технологической операции.

Исполнительное устройство обычно состоит из двигателя, передаточного или преобразующего узла (например редуктора), а также систем защиты, контроля и сигнализации положения выходного элемента, блокировки и отключения. Различают гидравлические, пневматические, электродвигательные и электромагнитные исполнительные устройства.

Электрические исполнительные устройства можно разделить на электромагнитные и электродвигательные.

К электромагнитным исполнительным устройствам относятся прежде всего соленоидные электроприводы, предназначенные для управления различного рода регулирующими и запорными вентилями, золотниками и т. п.

Необходимое для перемещения рабочего органа усилие в них создается с помощью электромагнита, являющегося неотъемлемой частью подобного исполнительного устройства.

В электродвигательных исполнительных устройствах используют электродвигатели постоянного и переменного тока. Большинство электродвигательных исполнительных устройств работает в режиме, когда скорость перемещения не зависит от величины отклонения регулируемого параметра от заданного значения.

В зависимости от сочетания электродвигателя и регулирующего органа различают две основные структурные схемы сервомоторов. При управляемом двигателе управляющее воздействие прикладывается к двигателю, при неуправляемом или плохо управляемом двигателе – к передаче. Выбор схемы определяется степенью несоответствия быстроходности и вращательного движения двигателя тихоходному и поступательному, реже – вращательному движению регулирующего органа. Поэтому в конструкции используются дополнительные узлы: передачи (редукторы, муфты) различных типов, конечные выключатели для останова привода по достижении затвором крайних или заданных положений, элементы обратной связи.

Большинство электродвигателей выпускались быстроходными, что создавало определенные трудности при сочленении с регулирующими органами. Появление двигателей с малой частотой вращения, например, в серии МЭО, позволило значительно усовершенствовать приводы и создать серии унифицированных исполнительных механизмов блочно-модульной конструкции.

Электрический исполнительный механизм обычно состоит из электродвигателя, редуктора и блока датчиков.

Датчики конечного положения (ДКП) (SQ1, SQ2 (рис. 24)) служат для выключения двигателя в крайних точках и (или) сигнализации достижения заданных положений выходного вала. Для формирования аналогового сигнала положения вала (сигнала обратной связи) используется аналоговый, например, потенциометрический датчик положения R (рис. 24), выполненный в виде

переменного резистора, подвижный контакт которого механически связан с выходным валом редуктора. Напряжение питания подается на неподвижные выводы резистора R от стабилизированного источника питания постоянного тока А4. При необходимости высокой точности при формировании сигналов обратной связи по положению вала используют энкодеры.

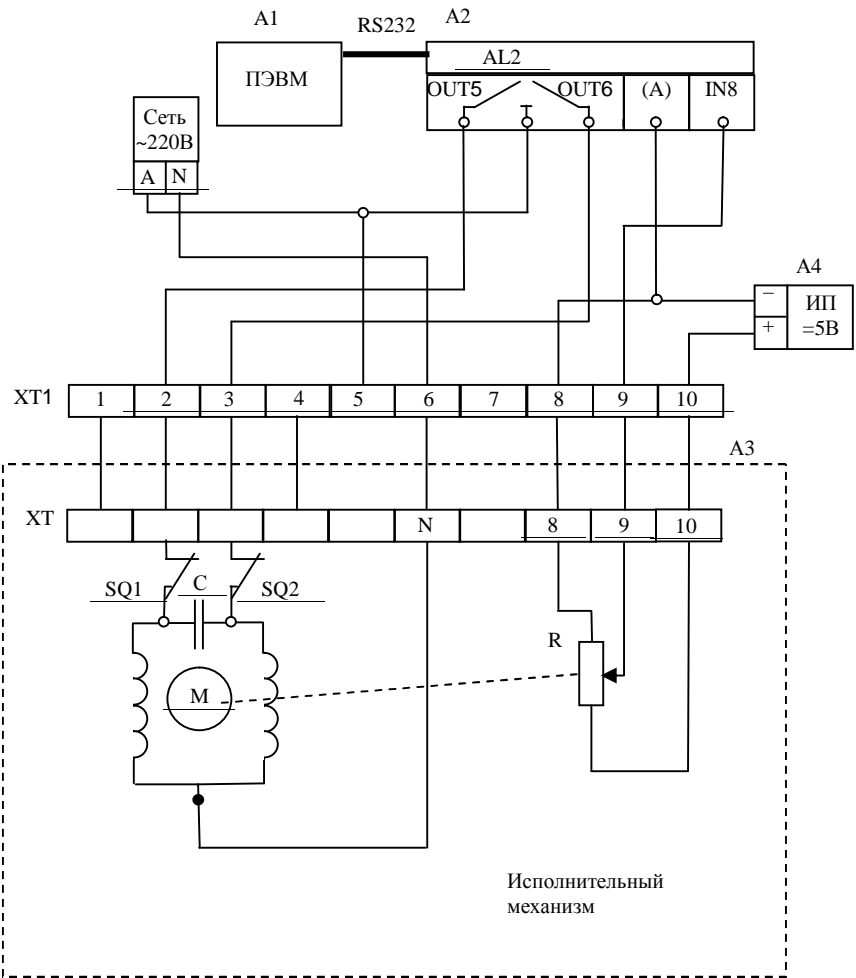


Рис. 24. Соединение исполнительного механизма типа МЭО с контроллером АЛ2-14MR-D

В схеме (см. рис. 24) с использованием исполнительного механизма МЭО применен конденсаторный двигатель М, состоящий из двух обмоток, конденсатора С и ротора.

Преимуществом данного конденсаторного двигателя является медленный нагрев при заблокированном роторе. Смена направления вращения осуществляется подачей напряжения питания на соответствующую обмотку двигателя, коммутация осуществляется релейными выходами контроллера А2. Персональный компьютер А1 с установленной системой программирования контроллеров используется как программатор, а также для наблюдения и отладки программ в режиме мониторинга.

Наладочный режим служит для проверки оборудования (включения выходов контроллера для поворота вправо и влево выходного вала ИМ при подаче сигнала на соответствующий вход контроллера).

Для проверки работы потенциометрического датчика положения выходного вала исполнительного механизма перемещают вал исполнительного механизма в крайние положения (в наладочном режиме работы), наблюдают за изменением значений цифрового сигнала и фиксируют в отчете значения в крайних положениях.

В ручном режиме при подаче кратковременного сигнала на соответствующий вход контроллера должно произойти перемещение вала ИМ в крайнее левое или крайнее правое положение с отключением по заданному значению сигнала. Должна работать программная блокировка от одновременного включения привода в двух направлениях и кнопка выключения привода.

При реализации трехпозиционного закона регулирования при выходе значения сигнала, имитирующего обратную связь, за пределы зоны нечувствительности должно произойти перемещение вала ИМ в крайнее положение в направлении компенсации отклонения.

Исполнительные механизмы широко применяются в системах горячего водоснабжения, для перемещения затворов регулирующей и запорной сантехнической арматуры. Соответственно, изменяется плавно или ступенчато количество пропускаемой жидкости.

Электродвигатели постоянного тока служат для привода различных установок и механизмов, в которых требуется простое и экономичное регулирование скорости вращения в широком диапазоне.

Гидравлические исполнительные устройства обладают очень большим быстродействием и выходной мощностью, потому их применяют в системах автоматизации мобильных машин и агрегатов.

Пневматические исполнительные механизмы по устройству аналогичны гидравлическим. Они получили распространение благодаря высокой надежности, простоте конструкции и возможности получения достаточно больших усилий. Широкое внедрение технических средств пневмоавтоматики объясняется высокой пожаро- и взрывобезопасностью, надежностью, дешевизной, простотой. К недостаткам устройств пневмоавтоматики следует отнести низкое быстродействие, сложность операций по их наладке и, главное, потребность в специальных компрессорных (насосных) установках для их питания.

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить ПЭС подключения исполнительного механизма (ИМ) к программируемому логическому контроллеру AL2-14MR-D и произвести контроль собранной схемы на стенде (сборку схемы).
2. Запрограммировать контроллер AL2 на работу в наладочном режиме управления, используя готовые примеры программ.
3. Проверить и настроить резистивный датчик положения, установленный на ИМ, для работы с AL2.
4. Запрограммировать контроллер AL2 на работу в ручном режиме управления. При использовании примера программы необходимо правильно настроить блоки сравнения (Compare) и продемонстрировать правильность работы программы.
5. Запрограммировать контроллер AL2 на управление ИМ в режиме трехпозиционного регулятора. Используя пример программы, произвести необходимые настройки и продемонстрировать работу системы.
6. Запрограммировать контроллер AL2 на управление ИМ в режиме пропорционального регулятора. При изменении сигнала на входе от 100 до 200 дискретных единиц пропорционально изменять положение вала.
7. Разобрать собранную схему. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. ПЭС подключения ИМ к программируемому логическому контроллеру AL2-14MR-D.
4. Описание работы системы и настраиваемые параметры в различных режимах.
5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Объясните принципиальную электрическую схему подключения ИМ к контроллеру AL2.
2. Объясните, какие настройки необходимо произвести для корректной работы с резистивного датчика с AL2.
3. Объясните работу программы AL2 для управления ИМ в наладочном и ручном режимах, назначение и параметры инструкций в программе.
4. Объясните схему подключения резистивного датчика к контроллеру AL2.
5. Объясните ПЭС и работу программы AL2 для управления ИМ в режиме трехпозиционного регулятора.
6. Объясните ПЭС и работу программы AL2 для управления ИМ в режиме пропорционального регулятора.
7. Что необходимо для повышения качества регулирования при помощи AL2?
8. Какие настройки ПИД-регулятора, и как они влияют на качество регулирования?
9. Какие законы регулирования можно реализовать при помощи контроллеров серии AL2? каким образом?

Лабораторная работа № 6 **КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ** **ДЛЯ НАЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ** **СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

(2 часа)

Цель работы: приобретение навыков использования контрольно-измерительных приборов для наладки систем автоматизации.

Лабораторное оборудование. Лабораторный стенд с макетом монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Тестер. Осциллограф.

Краткие теоретические сведения

Контрольно-измерительные приборы используются для диагностики и наладки систем автоматизации.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. Часто измерительным прибором называют средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия оператора.

Классификация измерительных приборов

По способу представления информации – показывающие или регистрирующие.

Показывающий измерительный прибор – измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины.

Регистрирующий измерительный прибор – измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация значений может осуществляться в аналоговой или цифровой формах. Различают самопишущие и печатающие регистрирующие приборы.

По методу измерений. Измерительный прибор прямого действия – измерительный прибор, в котором осуществляется одно или несколько преобразований измеряемой величины и значение ее находится без сравнения с известной одноименной величиной.

Измерительный прибор сравнения – измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно.

По форме представления показаний. Аналоговый измерительный прибор – измерительный прибор, в котором выходной сигнал или показания являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины.

Цифровой измерительный прибор – измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме.

По другим признакам. Суммирующий измерительный прибор – измерительный прибор, показания которого функционально связаны с суммой двух или нескольких величин, подводимых к нему по различным каналам.

Интегрирующий измерительный прибор – измерительный прибор, в котором значение измеряемой величины определяется путем ее интегрирования по другой величине:

- по способу применения и конструктивному исполнению (станционные, щитовые, панельные, переносные);

- по принципу действия с учетом конструкции (с подвижными частями и без подвижных частей);

- для приборов с механической частью – по способу создания противодействующего момента (механическим противодействием, магнитным или на основе электромагнитных сил);

- по характеру шкалы и положению на ней нулевой точки (равномерная шкала, неравномерная, с односторонней, двусторонней (симметричной и несимметричной), с безнулевой шкалой);

- по конструкции отсчетного устройства (непосредственный отсчет, со световым указателем – световым зайчиком, с пишущим устройством, язычковые – вибрационные частотомеры, со шкалой на оптоэлектронном эффекте: люминофор, ЖК, СИД);

- по точности измерений (нормируемые и ненормируемые – индикаторы или указатели);

- по виду используемой энергии (физическому явлению): электромеханические, электротепловые, электрокинетические, электрохимические;

- по роду измеряемой величины (вольтметры, амперметры, веберметры, частотомеры, варметры и т. д.).

Параметры измерительных приборов

Для измерительных приборов характерен следующий ряд параметров.

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, на которую рассчитан прибор при его нормальном функционировании (с заданной точностью измерения).

Порог чувствительности – некоторое минимальное или пороговое значение измеряемой величины, которое прибор может различить.

Чувствительность связывает значение измеряемого параметра с соответствующим ему изменением показаний прибора.

Точность – способность прибора указывать истинное значение измеряемого показателя (предел допустимой погрешности или неопределенность измерения).

Стабильность – способность прибора поддерживать заданную точность измерения в течение определенного времени после калибровки.

Цифровой мультиметр M890F

Универсальный цифровой мультиметр M890F (рис. 25) имеет все необходимые функции, надежен и удобен в работе.

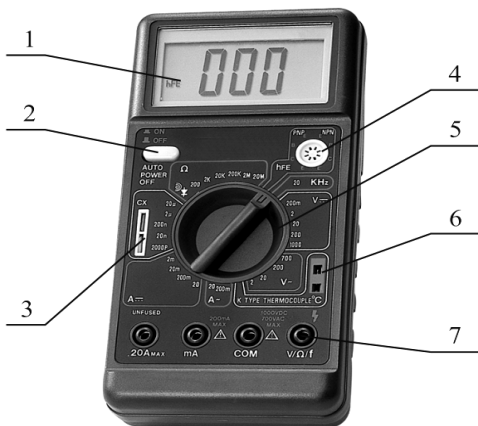


Рис. 25. Цифровой мультиметр M890F:

- 1 – дисплей LCD; 2 – кнопка включения; 3 – терминал для измерения емкости;*
- 4 – терминал для измерения NPN-транзисторов; 5 – переключатель*
- Функция/Диапазон; 6 – терминал для датчика температуры (890C+ & 890G);*
- 7 – выходные терминалы*

Мультиметр предназначен для измерения постоянного и переменного напряжения, постоянного и переменного тока, сопротивления, емкости, частоты, проверки диодов, транзисторов, звуковой прозвонки. АЦП двойного интегрирования с автоматической коррекцией нуля, автоматическим определением полярности и индикацией перегрузки. Полная защита от перегрузок.

Основные параметры M890F:

- 3 ¹/₂ цифры LCD, макс. показание дисплея 1999;
- большой LCD-дисплей;
- индикатор разряда батареи;
- защита от перегрузок;
- звуковой тестер;
- автовыключение.

Характеристики M890F (см. рис. 25) представлены в табл. 1 (согласно инструкции).

Таблица 1

Характеристики M890F

Функция измерения	Предел измерений	Точность
Постоянное напряжение	200 м–2000 м–20–200–1000 V	± 0,5 %; ± 1,0 %
Переменное напряжение	2–20–200–750 V	± 1,0 %; ± 1,2 %
Постоянный ток	2000 μ–20 м–200 м–20 A	± 1,8 % ; ± 2,0 %
Переменный ток	200 м–20 A	± 2,0 %; ± 3,0 %
Сопротивление	200–2 к–20 к–200 к–2 М–20 М– 200 М Ω	± 1,0%; ± 5,0 % ± 4,0 %
Емкость	2000 п–20 н–200 н–2 μ–20 μ F	
Частоты	20 kHz	
Diod Test Диод тест	3,2 V/0,8 mA	
hFE	Vce03 V, Ibo10 μ A	
Размер/масса	178×88×40 mm/300 g	

1. Измерение напряжения.

1.1. Соедините черный щуп с гнездом **COM**, красный – с гнездом **V/W/f** прибора.

1.2. Поворотным переключателем выберите желаемый предел измерения **V=** или **V~** и подсоедините щупы к источнику напряжения или исследуемой нагрузке. Прочтите показания на дисплее. При измерении постоянного напряжения индикатор покажет полярность сигнала на красном щупе.

1.3. Если дисплей показывает **1**, это указывает на перегрузку и необходимость выбрать больший предел измерения.

2. Измерение тока.

2.1. Соедините черный щуп с гнездом **COM**, красный – с гнездом **mA** прибора для токов не более 200 мА. Для токов до 20 А переключите красный щуп прибора на гнездо 10 А.

2.2. Поворотным переключателем выберите желаемый предел измерения **A=** или **A~** и подсоедините щупы последовательно с исследуемой нагрузкой. Прочтите показания на дисплее. При измерении постоянного тока индикатор покажет полярность сигнала на красном щупе.

2.3. Если дисплей показывает **1**, это указывает на перегрузку и необходимость выбрать больший предел измерения.

3. Измерение сопротивлений.

3.1. Соедините черный щуп с гнездом **COM**, красный – с гнездом **V/W/f** прибора (полярность красного будет положительная +).

3.2. Поворотным переключателем выберите желаемый предел измерения **W** и подсоедините щупы к исследуемой нагрузке.

Примечания:

– если измеряемое сопротивление превышает максимальное значение выбранного предела измерения или вход не подсоединен к сопротивлению, дисплей покажет **1**;

– при измерении величины сопротивления, находящегося в схеме, убедитесь, что схема выключена, и конденсаторы полностью разряжены;

– при измерениях свыше 1 МОм прибор может устанавливать показания в течение нескольких секунд. Это является нормальным при измерении больших сопротивлений;

– на диапазоне 200 МОм при замыкании щупов накоротко дисплей покажет 10 единиц. Это значение должно быть вычтено

из полученного результата при измерении сопротивления на этом пределе.

Например:

при измерении сопротивления в 100 МОм дисплей покажет 101,0, и правильное значение будет $101,0 - 1,0 = 100,0$ МОм.

4. Измерение емкости конденсаторов.

4.1. Установите поворотный переключатель на желаемый предел измерения емкости **F**.

4.2. Перед установкой конденсатора в разъем для конденсаторов убедитесь, что конденсатор полностью разряжен.

4.3. При измерении емкости конденсатора с короткими выводами установите в разъем для конденсаторов переходной адаптер.

5. Измерение частоты.

5.1. Соедините черный щуп с гнездом **COM**, красный – с гнездом **V/W/f** прибора.

5.2. Установите поворотный переключатель в положение **KHz** и подсоедините щупы к источнику сигнала или исследуемой нагрузке. *Примечания:* – не подавайте на вход напряжения свыше 250 В эфф. При входном сигнале свыше 10 В эфф. считывание возможно, но точность не гарантируется; – при малых входных сигналах в условиях сильных внешних шумов предпочтительнее использовать экранированный кабель.

6. Проверка диодов.

Соедините черный щуп с гнездом **COM**, красный – с гнездом **V/W/f** прибора (полярность красного будет положительная +). Установите переключатель функций в положение **Ω**–(диод) и соедините красный щуп с анодом, черный щуп – с катодом измеряемого диода. Дисплей покажет приблизительное прямое падение напряжения на диоде. При обратном подключении щупов к диоду дисплей покажет **1**.

7. Проверка транзисторов.

7.1. Установите поворотный переключатель в положение **hFE**.

7.2. Определите, какого типа проводимости, **PNP** или **NPN**, проверяемый транзистор и определите местоположение его эмиттера, коллектора и базы. Установите выводы транзистора в соответствующие гнезда разъема на приборе.

7.3. Дисплей покажет приблизительный коэффициент **hFE** транзистора при токе базы 10 мА и напряжении коллектор–эмиттер 3,2 В.

8. Прозвонка соединений.

8.1. Соедините черный щуп с гнездом **COM**, красный – с гнездом **V/W/f** прибора (полярность красного будет положительная +).

8.2. Установите переключатель функций в положение **Ω –200** и подсоедините щупы прибора к двум точкам проверяемой цепи. Если существует электрический контакт между этими двумя точками (т. е. сопротивление менее 50 Ом), прозвучит сигнал зуммера.

9. Измерение температуры.

9.1. Установите переключатель функций в положение **ТЕМП**, и дисплей покажет температуру окружающей среды.

9.2. Установите в разъем для измерения температуры на передней панели прибора термопару К-типа и соедините пробник термопары с измеряемым объектом. Прочитайте показания на дисплее.

Примечание: чтобы избежать поражения электрическим током, выньте термопару, приступая к измерению других параметров.

Осциллограф

Осциллограф – прибор, предназначенный для исследования (наблюдения, записи, измерения) амплитудных и временных параметров электрического сигнала, подаваемого на его вход или непосредственно на экран, или записываемого на фотоленту.

По логике работы и назначению осциллографы можно разделить на три группы:

- реального времени (аналоговый);
- запоминающий осциллограф (storage oscilloscope);
- аналоговый (например, с запоминающим устройством на ЭЛТ);
- цифровой (DSO – digital storage oscilloscope);
- стробирующий осциллограф (sampling oscilloscope).

По количеству лучей: однолучевые, двухлучевые и т. д. Количество лучей может достигать 16 и более (*n*-лучевой осциллограф имеет *n* сигнальных входов и может одновременно отображать на экране *n* графиков входных сигналов).

Осциллографы с периодической разверткой делятся на универсальные (обычные), скоростные, стробоскопические, запоминающие и специальные; цифровые осциллографы могут сочетать возможность использования разных функций.

Осциллограф с дисплеем на базе ЭЛТ состоит из следующих основных частей:

- осциллографическая электронно-лучевая трубка;
- блок горизонтальной развертки. Генерирует периодический или однократный сигнал пилообразной формы (линейно нарастающий и быстро спадающий), который подается на пластины горизонтального отклонения ЭЛТ. Во время спадающей фазы (обратный ход луча) также формируется импульс гашения электронного луча, который подается на модулятор ЭЛТ;

- входной усилитель исследуемого сигнала, выход которого подключен к пластинам вертикального отклонения ЭЛТ.

Также содержатся вспомогательные блоки: блок управления яркости, калибратор длительности, калибратор амплитуды.

Осциллограф имеет экран, на котором отображаются графики входных сигналов. У цифровых осциллографов изображение выводится на дисплей в виде готовой картинки, у аналоговых осциллографов в качестве экрана используется осциллографическая электронно-лучевая трубка с электростатическим отклонением. На экран обычно нанесена разметка в виде координатной сетки.

Сигнальные входы. Осциллографы разделяются на одноканальные и многоканальные (2, 4, 6 каналов и более на входе). Многоканальные осциллографы позволяют одновременно наблюдать на экране несколько сигналов, измерять их параметры и сравнивать их между собой.

Входной сигнал каждого канала подается на свой вход Y и усиливается своим усилителем вертикального отклонения до уровня, необходимого для работы отклоняющей системы ЭЛТ (десятки вольт) или аналого-цифрового преобразователя. Если необходимо отсечь постоянную составляющую (например, она слишком велика и уводит луч за границы экрана), усилитель можно переключить в режим с *закрытым входом* (входной сигнал подается на УПТ через разделительный конденсатор).

Управление разверткой. В большинстве осциллографов используются два основных режима развертки:

- автоматический (автоколебательный);
- ждущий.

В некоторых моделях предусмотрен еще один режим – однократный.

При автоматической развертке генератор развертки работает в автоколебательном режиме, поэтому даже в отсутствие сигнала,

по окончании цикла развертки происходит ее очередной запуск, что позволяет наблюдать на экране луч даже в отсутствие сигнала или при подаче на вход вертикального отклонения постоянного напряжения.

В ждущем режиме развертки при отсутствии сигнала или его недостаточном уровне (или при неверно настроенном режиме синхронизации) развертка отсутствует, и экран гаснет. Развертка запускается при достижении сигналом некоторого настроенного оператором уровня, причем можно настроить запуск развертки как по нарастающему фронту сигнала, так и по падающему.

При однократном режиме генератор развертки «взводится» внешним воздействием, например, нажатием на кнопку, и далее ожидает запуска точно так же, как и в ждущем режиме. После запуска развертка производится только один раз, для повторного запуска генератор развертки необходимо «взвести» снова. Этот режим удобен для исследования непериодических процессов, таких как логические сигналы в цифровых схемах, чтобы последующие запуски развертки не «замусоривали» экран. Недостаток такого режима развертки – луч по экрану пробегает однократно, что затрудняет наблюдение при быстрых развертках.

Синхронизация развертки с исследуемым сигналом. Для получения неподвижного изображения на экране каждые последующие траектории движения луча по экрану в циклах развертки должны пробегать по одной и той же кривой. Это обеспечивает схема синхронизации развертки, запускающая развертку на одном и том же уровне и фронте исследуемого сигнала.

Схема синхронизации имеет как минимум две настройки, доступные оператору:

- уровень запуска: задает напряжение исследуемого сигнала, при достижении которого запускается развертка;
- тип запуска: по фронту или по спаду.

Правильная настройка этих органов управления обеспечивает запуск развертки всегда в одном и том же месте сигнала, поэтому изображение сигнала на осциллограмме выглядит стабильным и неподвижным.

Основное предназначение осциллографа – изобразить форму измеряемого электрического сигнала (его напряжения) (рис. 26).

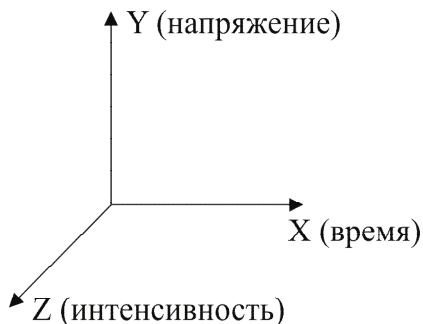


Рис. 26. Оси осциллографа

Фактически, осциллограф рисует двухмерный график зависимости напряжения от времени, где по горизонтальной оси X мы наблюдаем время, по вертикальной Y – напряжение. Интенсивность (или яркость) сигнала на дисплее можно представить в виде третьей оси Z .

Итак, осциллограф – это измерительный прибор, который позволяет:

- определить временные параметры и значения напряжения сигнала (его амплитуду);
- вычислить частоту сигнала, замерив его временные характеристики;
- наблюдать сдвиг фаз, который происходит при прохождении различных участков цепи;
- наблюдать искажения сигнала, вносимые каким-то участком цепи;
- выяснить постоянную (DC) и переменную (AC) составляющие сигнала;
- выяснить соотношение сигнал/шум и определить, является ли шум стационарным или же изменяется во времени.

Рассмотрим пример осциллограммы электрического сигнала (рис. 27). Картинка идеализирована; при работе с реальными приборами, таких идеально ровных линий увидеть не получится.

В данном случае наблюдаем периодический сигнал, у которого отсутствует постоянная составляющая (равна нулю), и имеем переменную составляющую в форме прямоугольных импульсов. Действующее (эффективное) значение напряжения (V_{rms} , среднеквадратичное значение) в данном частном случае совпало

с амплитудой сигнала, хотя в общем случае это не так (действующее значение будет меньше амплитудного).

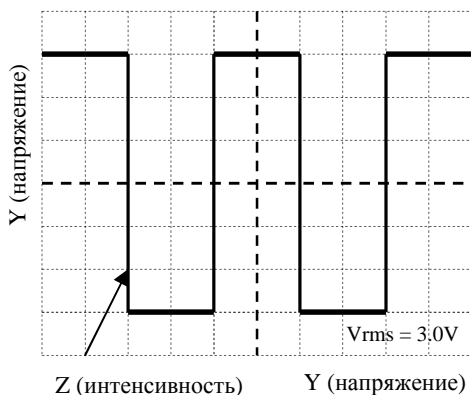


Рис. 27. Пример осциллограммы

Вольтметры измеряют именно действующее значение напряжения (простой цифровой вольтметр показывает вообще некоторое средневывпрямленное значение, такое, что при измерении синусоидального сигнала оно равно действующему значению). Хотя есть вольтметры, измеряющие именно амплитудные (пиковые) значения сигналов, вне зависимости от формы сигнала (в них используются пиковые детекторы).

Полученная осциллограмма показывает:

- периодический сигнал прямоугольной формы;
- прием значений как положительной, так и отрицательной полярности (вольтметр просто показал бы какое-то число);
- изменение сигнала в пределах от минус 6 В до плюс 6 В (чувствительность по вертикали — 2 В на деление);
- длительность отрицательного полупериода, которая равна длительности положительного полупериода.

При помощи многоканального осциллографа можно одновременно наблюдать сигналы в различных точках схемы и смотреть, как они между собой соотносятся, например, на входе и выходе усилителя. Можно посмотреть сигнал на входе и сигнал на выходе, выяснить, какие искажения в форму сигнала вносит усилитель, как изменилась его амплитуда, какова временная задержка (сдвиг фаз).

Калибровка осциллографа. Для работы с осциллографом необходимо предварительно произвести калибровку его канала (каналов). Калибровка производится после прогрева прибора (примерно 5 минут). Калибратор встроен в большинство осциллографов.

Для калибровки высокочастотных моделей желательно иметь шнур с двумя разъемами (на выход калибратора и на вход осциллографа), иначе возможны искажения сигнала. Для низкочастотных моделей можно просто коснуться щупом выхода калибратора.

Далее ручка **вольт/дел.** ставится так, чтобы сигнал калибратора занимал 2–4 деления на экране (если калибратор имеет значение 1 В, то на 250 мВ). После этого канал включается на переменное напряжение, и на экране появится сигнал. Далее, в зависимости от частоты калибратора, ручка развертки ставится в положение, при котором видно не менее 5–7 периодов сигнала. Для частоты 1 кГц частота развертки, при которой каждый период занимает одно деление экрана, равен 1 мс. Далее необходимо убедиться, чтобы сигнал на протяжении этих 5–7 периодов попадал точно по делениям экрана.

Для аналоговых осциллографов нормируется как правило ± 4 деления от центра экрана, то есть на протяжении восьми делений должен совпадать точно. Если не совпадает, следует поворачивать ручку плавного изменения развертки, добиваясь совпадения. Одновременно проверяется амплитуда (размах) сигнала – она должна совпадать с тем, что написано на калибраторе. Если не совпадает, то необходимо добиться совпадения, поворачивая ручку плавного изменения чувствительности (**вольт/дел**).

Необходимо помнить, что если установлена чувствительность канала в 250 мВ, то сигнал в 1 В занимает при правильной настройке 4 деления. После калибровки прибор будет показывать сигнал точно, т. е. можно не только смотреть, но и измерять сигналы.

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить последовательность измерений физических величин с помощью тестера.
2. Изучить принципиальную электрическую схему цифрового мультимедиа M890F.

3. Измерить переменное напряжение в сети и постоянное на блоке питания.
4. Собрать электрическую схему на монтажной плате (автомат, блок питания 24 В, промежуточное реле, клеммники).
5. Измерить ток, потребляемый различными типами реле.
6. Произвести прозвонку контактов реле (NC, NO) в выключенном и включенном состоянии.
7. Измерить сопротивление резистора и сравнить с маркировкой на резисторе.
8. Измерить емкость конденсатора и сравнить с маркировкой на конденсаторе.
9. Произвести измерение частоты.
10. Проверить исправность диода.
11. Проверить исправность транзистора (вначале определить тип).
12. Произвести измерение температуры с помощью термопары.
13. Изучить назначение и принцип работы осциллографа.
14. Изучить назначение ручек управления осциллографа.
15. Изучить последовательность калибровки осциллографа.
16. Произвести калибровку осциллографа.
17. Подать импульс с генератора импульсов Г5-54 на вход осциллографа.
18. Сравнить параметры подаваемого импульса с осциллограммой.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. ПЭС подключения тестера для измерения тока потребляемого реле с обозначением контактов реле.
3. ПЭС подключения тестера для прозвонки контактов реле с обозначением контактов реле (NC/NO).
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Объясните назначение измерительных приборов.
2. Приведите классификацию измерительных приборов.
3. Приведите классификацию по способу представления информации.

4. Приведите классификацию по методу измерения информации.
5. Приведите классификацию по форме представления показаний.
6. Перечислите и объясните параметры измерительных приборов.
7. Дайте определение понятию: диапазон измерений.
8. Дайте определение понятию: чувствительность.
9. Дайте определение понятию: порог чувствительности.
10. Дайте определение понятиям: точность и стабильность измерений.
11. Объясните назначение и основные параметры М890F.
12. Какие физические величины можно измерять с помощью мультиметров?
13. Какое напряжение можно измерить с помощью вольтметра?
14. Как производится выбор измеряемых параметров?
15. Объясните назначение и основные узлы осциллографа.
16. Какие параметры можно измерять с помощью осциллографа?
17. На какой вход осциллографа подается сигнал?
18. Сколько настроек имеет схема синхронизации осциллографа?
19. Приведите последовательность и объясните назначение калибровки осциллографа.

Лабораторная работа № 7 **ДИАГНОСТИКА, НАЛАДКА И ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ** **В РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМАХ И РЕГУЛЯТОРАХ**

(4 часа)

Цель работы: приобретение навыков наладки, эксплуатации и поиска неисправностей в релейно-контактных схемах и регуляторах.

Лабораторное оборудование. Лабораторный стенд с макетом монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Промежуточные реле. Исполнительный механизм. Измерительные приборы.

Краткие теоретические сведения

Разновидности релейных схем

Среди многочисленных устройств автоматического управления релейные системы занимают видное место. Характерной их особенностью является скачкообразное изменение регулируемой (выходной) величины при изменении входной, т. е. любой элемент релейной системы может принимать только два состояния: «включен» или «выключен». Наиболее типичны и распространены релейные схемы, состоящие из контактных электромагнитных элементов (реле).

По характеру работы релейные системы разделяют на одноктактные и многотактные.

В одноктактных системах состояние исполнительных элементов однозначно определяется состоянием приемных элементов в любой момент времени. Какая-либо четкая последовательность в их действиях не предусматривается, и поэтому отпадает надобность в промежуточных элементах. Иначе говоря, в одноктактной системе определенной комбинации входных сигналов (аргументов) соответствует определенное значение выходной величины (функции).

Например, в одноктактной схеме (рис. 28, а) действие исполнительного элемента К однозначно зависит от действия приемного элемента – замыкающего контакта S. Промежуточных элементов здесь нет.

У многотактных систем в работе приемных и исполнительных элементов предусматривается определенная последовательность, для осуществления которой необходимо наличие промежуточных элементов. Следовательно, аргументам одной и той же комбинации, но по данным в различные моменты времени, могут соответствовать несколько функций.

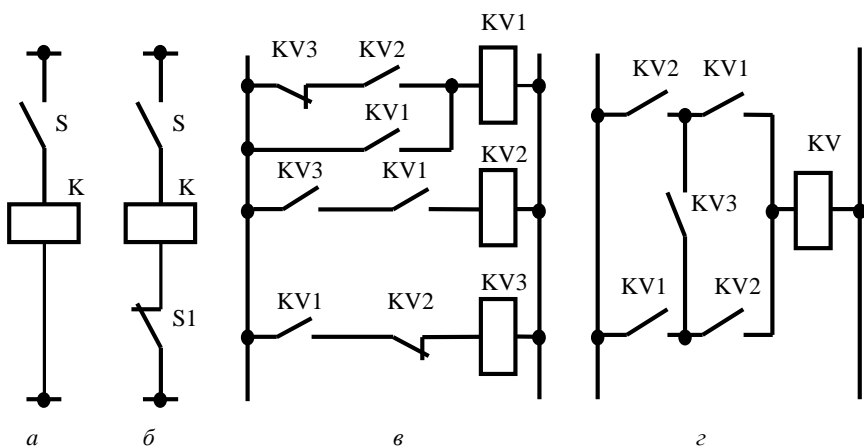


Рис. 28. Разновидности релейных схем:
а – однотоковая; б – многотоковая; в – типа П; г – типа Н

У многотактных систем в работе приемных и исполнительных элементов предусматривается определенная последовательность, для осуществления которой необходимо наличие промежуточных элементов. Следовательно, аргументам одной и той же комбинации, но по данным в различные моменты времени, могут соответствовать несколько функций.

Так, в многотактной схеме (рис. 28, б) действие исполнительного элемента К определяется не только действием приемного элемента – замыкающего контакта S, но и промежуточного элемента S1.

Изображение схемы релейной системы, показывающее количество и состав структурных элементов, а также конфигурацию соединений между элементами, называют структурой релейной схемы. Часть релейной схемы, содержащую только контакты, называют контактной схемой.

По виду соединений различают схемы параллельно-последовательные (типа П) и с мостовыми соединениями (типа Н). В схемах типа П (рис. 28, в) контакты и катушки различных элементов соединяют между собой последовательно, отдельные цепи – параллельно.

В схемах типа Н (рис. 28, г) наличие мостовых элементов (элемент KV3) приводит к одновременным последовательным и параллельным соединениям в различных цепях. У мостовых схем, по сравнению со схемами типа П, значительно меньше контактов.

При изучении релейных систем автоматики решают в основном две задачи:

- анализ релейных схем, то есть определение условий работы каждого реле и последовательности их действия;

- вторая – синтез схем, то есть нахождение структуры схемы по заданным условиям ее работы.

Анализ и синтез позволяют получить электрическую схему системы с минимально возможным числом реле и контактов.

Наладка релейных схем

Релейные устройства применяют в схемах автоматического и дистанционного управления и в схемах сигнализации и блокировки.

Схемы автоматического управления используют для управления работой различных приводных устройств (электродвигателями, приводами исполнительных механизмов), для программного автоматического управления технологическими аппаратами периодического действия и т. д.

Схемы сигнализации применяют для сигнализации состояния технологических параметров, режимов работы агрегатов и т. д. Выходом схемы сигнализации может быть один из трех сигналов: нормальный режим, предупредительный и аварийный.

Сигнал нормального режима выдается схемой в том случае, когда контролируемый параметр находится в зоне нормального режима, предупредительный – когда контролируемый параметр перешел из зоны нормального режима в зону допустимого, аварийный сигнал оповещает о выходе контролируемого параметра за зону допустимого режима.

Одновременно с появлением аварийного сигнала схема может предусматривать срабатывание защиты. В качестве сигнализаторов

в схемах сигнализации обычно применяют различные светозвуковые устройства.

При наладке релейных схем изучают проектную документацию, осматривают, проверяют отдельные элементы схемы, проверяют и анализируют всю схему, опробуют и включают схему в работу.

Релейные схемы проверяют и анализируют, чтобы выявить монтажные и схемные ошибки (короткие замыкания, несоответствие рабочего напряжения номинальному, неправильное срабатывание защитных устройств, несоответствие циклограммы схемы техническому заданию и т. п.).

Для сложных схем рекомендуются метод моделирования на релейном стенде и метод алгебраических схем.

Наладка электроприводов с релейно-контакторным управлением

Для производства наладочных работ необходимы: принципиальные схемы, схемы внешних соединений, монтажные и принципиальные схемы заводов-изготовителей пультов, панелей, шкафов, схемы питания, планы расположения электрического и технологического оборудования, пояснительная записка с технологическими требованиями к электроприводу и расчетом уставок защит и режимов работы.

1. Ознакомление с проектом:

а) изучают функции электропривода в составе технологической установки, технологические требования к электроприводу, расположение механизма, пультов управления, панелей, шкафов и т. п.;

б) анализируют работу электропривода по принципиальной схеме, проверяют соблюдение необходимой очередности в работе аппаратуры, отсутствие ложных и обходных цепей, наличие необходимых защит и технологических блокировок, выявляют схемные ошибки;

в) производят поверочные расчеты по выбору уставок защит и функциональных реле;

г) проверяют соответствие примененной аппаратуры принятым значениям силового и оперативного напряжений, соответствие возможностей принятых типов реле заданным уставкам;

д) по принципиальной схеме проверяют монтажные схемы панелей, шкафов, пультов, наличие и правильность маркировки на принципиальной схеме, соответствие ее маркировке на монтажной схеме;

е) составляют полную однолинейную схему питания электропривода всеми видами напряжения от источников (ячейка распрестройства, трансформаторная подстанция, распределительный шкаф, магистраль и т. д.) до каждого присоединения (шкаф, щит, панель).

2. Проверка внешним осмотром состояния электрооборудования, качества проведенной ревизии, качества и объема выполненных электромонтажных работ.

3. Проверка соответствия установленного электрооборудования проекту, паспортизация электрической машины, резисторов и других аппаратов, параметры которых должны быть внесены в отчет по наладке.

4. Проверка и испытание электрических машин.

5. Проверка соответствия монтажа внутренних соединений панелей, пультов, шкафов принципиальной схеме.

Перед проверкой с целью исключения обходных цепей отключают на блоках зажимов все внешние связи цепей вторичной коммутации. Проверку производят с помощью пробника. Начинают проверку схемы шкафа, панели, пульта с цепей полюсов (фаз) источника оперативного тока, затем проверяют отдельные цепи.

Проверяют все провода от контакта к контакту и до блока зажимов, и при этом обязательно производят подсчет количества проводов на каждом контакте с целью выявления лишних проводов и связей, не отраженных на принципиальной схеме. Обнаруженные лишние провода, которые могут оказаться под напряжением, следует отключить с двух сторон.

В процессе проверки внутренних соединений проверяют работу замыкающих и размыкающих контактов реле и контакторов путем нажатия и отпускания их якорей, при необходимости зачищают вспомогательные контакты, проверяют и регулируют провалы контактов.

6. Проверка соответствия монтажа внешних соединений принципиальной схеме.

Проверку внешних связей в силовых цепях и цепях возбуждения электродвигателей производят визуально или с помощью специальных пробников с встроенным высокочастотным генератором путем прокалывания иглой изоляции силовых кабелей и проводов.

Правильное присоединение силовых проводов к двигателям гарантирует правильное направление вращения двигателя.

7. Измерение и испытание изоляции силовых цепей и цепей вторичной коммутации.

Измерение сопротивления изоляции начинают с общих цепей, связанных с полюсами (фазами) оперативного напряжения, затем продолжают для каждой цепи, потенциально не связанной с этими общими цепями, например, отделенной от них с двух сторон замыкающими контактами реле и контакторов.

8. Настройка защитных и функциональных реле, прогрузка автоматических выключателей.

9. Проверка элементов заземляющих устройств электрических машин, пультов, щитов и т. д. Проверку производят осмотром в пределах доступности. Не должно быть обрывов и дефектов в заземляющих проводниках, их соединениях и присоединениях.

10. Проверка функционирования релейно-контакторных схем под напряжением.

Проверку производят при обесточенных силовых цепях после предварительной проверки полярности оперативного напряжения. Функционирование релейно-контакторных схем проверяют при номинальном и 0,9 номинального напряжении оперативных цепей.

11. Опробование работы электропривода с ненагруженным механизмом или на холостом ходу двигателя.

Для электроприводов, имеющих ограниченное перемещение, механизм для первой прокрутки должен быть установлен в среднее положение. Для таких электроприводов особенно важно обеспечить правильное направление вращения и целесообразно предварительно выставить ограничение хода с помощью путевых выключателей.

Прокрутку электропривода производят в такой последовательности:

а) производят кратковременный толчок привода. При этом проверяют направление вращения, нормальную работу двигателя и механизма;

б) производят (для нерегулируемых электроприводов) запуск электропривода до номинальной частоты вращения двигателя;

в) производят настройку конечных положений механизма при остановке привода, а также настройку путевых выключателей

по диаграмме их работы с учетом конкретных положений механизма по требованиям технологии;

г) производят настройку режимов пуска и реверса электропривода для регулируемых электроприводов.

12. Проверка работы электропривода под нагрузкой. Проверку производят в режиме, обеспечиваемом технологической установкой к моменту окончания наладочных работ.

Во время проведения наладки или ремонта электрооборудования проверка электрических цепей может быть осуществлена непосредственно или способом заземления.

Способ непосредственной проверки применяют в том случае, когда начало и конец проверяемой электрической цепи расположены в непосредственной близости друг от друга, и вспомогательные цепи не требуются.

Способ заземления предназначен для проверки тех электрических цепей, у которых начала и концы расположены на значительном расстоянии. Его применение сопровождается использованием вспомогательных цепей, которыми служат заземляющие проводники, экраны и металлические оболочки кабелей и жил, специально проложенные проводники и т. п.

При любом способе проверки электрической цепи применяют приспособления, принцип действия которых аналогичен принципу действия пробника (рис. 29, а).

При замыкании цепи пробника через проверяемую цепь стрелка прибора П отклоняется так же, как и при замыкании выводов 1 и 2 накоротко. Резистор R служит для ограничения тока, протекающего через измерительный прибор. В последующих частях рисунка вместо полной схемы пробника использовано его условное обозначение (рис. 29, б).

На примере фрагмента схемы управления электроприводом (рис. 29, в) рассмотрен порядок проверки электрических цепей. Процесс проверки в любом случае целесообразно начинать с цепей питания, например от точки А.

Пробник П подключают к точкам А и В, что позволяет проверить цепь между ними, при нажатии на кнопку S2 – исправность кнопки и правильность составленной цепи между точками А и В и, таким образом, подтвердить, что цепь между ними образуется через контакт кнопки S2, а не через другой элемент схемы. После

этого пробник подключают к точкам В и L (рис. 29, в, поз. II), совмещающая проверку цепи с проверкой исправности кнопки S3. Порядок последующих проверок, с соответствующими позициями пробника, показан на рис. 29.

Особое внимание при проверке цепей следует обращать на соблюдение полярности в цепях постоянного тока и фазировки в цепях переменного тока.

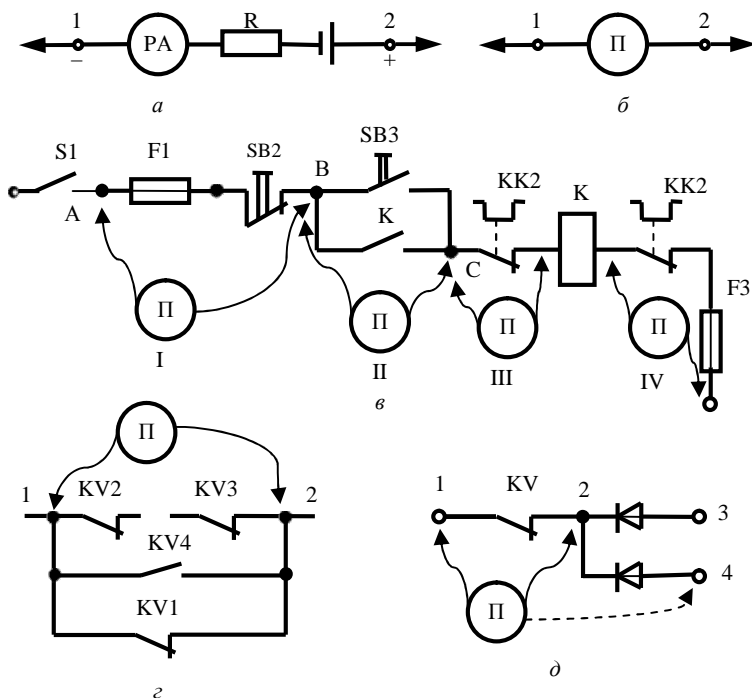


Рис. 29. Схема (а) и условное обозначение (б) пробника, пример проверки цепей (в) и характерные ошибки при проверке (г, д)

Особое внимание при проверке цепей следует обращать на соблюдение полярности в цепях постоянного тока и фазировки в цепях переменного тока.

Рассмотрим некоторые наиболее характерные ошибки, допускаемые при проверке электрических цепей. Например, цепь 1–2 (рис. 29, г) зашунтирована контактом реле K1, поэтому при

подключении пробника к точкам 1 и 2 не обнаруживается обрыв в цепи контактов К2, К3 или замыкание контакта К4. Поэтому для проверки цепей, подключенных к точкам 1 и 2, необходимо предварительно разомкнуть контакт реле К1.

Другой вид ошибок, возникающих из-за образования ложных цепей через сопротивление р-п-перехода полупроводникового диода в прямом направлении, иллюстрирует рис. 29, д. При подключении минусового щупа пробника П к точке 1 прибор будет давать такие же показания, как при подключении другого щупа к точке 2, а также к точкам 3, 4. Этого не произойдет, если изменить полярность включения пробника.

Рассмотренные примеры показывали выполнение данного технологического перехода непосредственным способом (рис. 30).

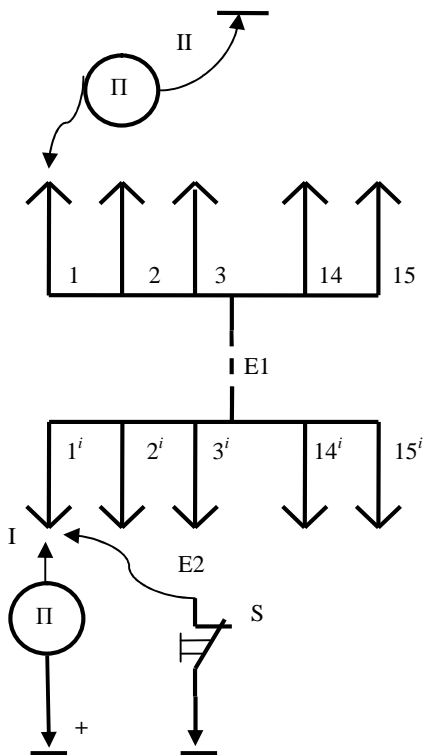


Рис. 30. Схема проверки электрических цепей способом заземления

Проверку способом заземления начинают с установки временной перемычки Е2 с вмонтированной в нее кнопкой на одном из концов проверяемого кабеля Е1. Затем, прикасаясь щупом пробника П к жиле, проверяют целостность вспомогательной цепи: общий проводник (в данном случае «земля»)–кнопка S–жила I–щуп пробника П–щуп «плюс» пробника П–общий проводник.

Если пробник показывает замкнутую цепь, следует нажать на кнопку S и отпустить ее. При правильности установки перемычки пробник П должен изменить свои показания.

Проверив установку перемычки Е2, приступают к поиску заземленной жилы на втором конце кабеля, подключая пробник П поочередно к жилам, и следят за его показаниями. Если пробник показывает замкнутую цепь, считают искомую жилу найденной и, переключив перемычку заземления Е2 на другую жилу, приступают к ее поиску на другом конце кабеля.

Причиной наиболее частых ошибок при проверке способом заземления является присвоение одного и того же номера разным электрическим цепям и образование ложной цепи при соединении проверяемых жил провода или кабеля с заземляющим проводником.

Для предупреждения таких ошибок необходимо после отыскания очередной цепи отключить и вновь подключить заземляющий проводник кнопкой S. Если пробник реагирует на отключение заземляющего проводника, цепь найдена правильно. В противном случае необходимо найти и устранить причину замыкания проверяемой цепи с заземляющим проводником.

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить схемы подключения промежуточных реле.

1.1. Составить структурную релейную схему управления с реверсом, состоящую из контроллера, источника питания, промежуточных реле, исполнительного устройства.

1.2. Составить принципиальную электрическую схему управления исполнительным механизмом (с реверсом) с использованием промежуточных реле. Предусмотреть блокировку одновременного включения двух реле, используя NC-контакты реле.

1.3. На схеме указать позиционные обозначения элементов, обозначение линий связи и контакты подключения элементов.

1.4. Собрать электрическую схему на монтажной плате стенда.

1.5. Произвести проверку электрических цепей непосредственно или способом заземления.

2. Написать наладочную программу включения исполнительного механизма для контроллера (вперед, назад, стоп).

2.1. Записать программу в контроллер.

2.2. Произвести наладку привода с релейно-контактным управлением.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Структурная схема привода с релейно-контактным управлением.
3. Принципиальная электрическая схема с релейно-контактным управлением исполнительного механизма.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Опишите назначение релейных систем.
2. Какие типы релейных систем вам известны?
3. Опишите особенности работы одноконтурных релейных систем.
4. Охарактеризуйте особенности работы многоконтурных систем.
5. Дайте определение понятию «структурная релейная схема».
6. Дайте определение понятию «контактная схема».
7. Опишите и охарактеризуйте типы соединений релейных схем.
8. Какие задачи решаются при изучении релейных схем?
9. Где применяются релейные устройства?
10. Объясните назначение схем сигнализации.
11. Опишите и охарактеризуйте типы выходных сигналов схем сигнализации.
12. Перечислите и охарактеризуйте операции, выполняемые при наладке релейных схем.
13. Какие ошибки выявляются при наладке и проверке релейных схем?
14. Какие документы необходимы для проведения наладочных работ?

15. Приведите последовательность проверки соответствия монтажа внутренних соединений панелей, пультов, шкафов принципиальной схеме.

16. Приведите последовательность прокрутки электродвигателя.

17. Приведите последовательность проверки соответствия монтажа внешних соединений принципиальной схеме.

18. Приведите последовательность измерения и испытания изоляции силовых цепей и цепей вторичной коммутации.

19. Охарактеризуйте диагностику работы электропривода на холостом ходу.

20. Охарактеризуйте диагностику работы электропривода под нагрузкой.

21. Когда используется способ непосредственной проверки цепей?

22. Когда используется способ заземления при проверке электрических цепей?

Лабораторная работа № 8

СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ КОНТРОЛЛЕРА

(4 часа)

Цель работы: приобретение навыков эксплуатации и диагностики микропроцессорного контроллера с дополнительным модулем для измерения температуры.

Лабораторное оборудование. Лабораторный стенд с монтажной платой. Программируемый логический контроллер AL2-14MR-D. Модуль AL2-2TC-ADP или AL2-2PT-ADP. Кабель программирования AL232-CAB. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Тестер.

Краткие теоретические сведения

Внешний вид контроллера AL2-14MR-D и основные характеристики приведены на рисунке в работе № 9. Подготовка AL2-14MR-D к работе для измерения температуры заключается в выполнении следующих операций.

Подключение датчика ТСП 100 к контроллеру AL2-14MR-D осуществляется через модуль нормирующего преобразователя (модуль адаптер AL2-2PT-ADP), который преобразует омический сигнал на выходе ТСП 100 в нормированный сигнал по напряжению в диапазоне 0–10 В. Пример соединения приборов показан на рис. 31.

Настройка контроллера. Для настройки контроллера на работу с подключенным на определенный вход сигналом от AL2-2PT-ADP необходимо произвести следующие действия:

1) включить электропитание AL2-14MR-D, нажатием на клавиши **ESC+OK** войти в меню контроллера, выбрать пункт **Stop** и нажать **OK** два раза, контроллер перейдет в режим останова;

2) когда контроллер находится в режиме **Stop**, выберите пункт **Others** из верхнего меню:

TopMenu
Clockset
LANGUAGE
> Others ...

Верхнее меню
Установка часов
ЯЗЫК
> Другие ...

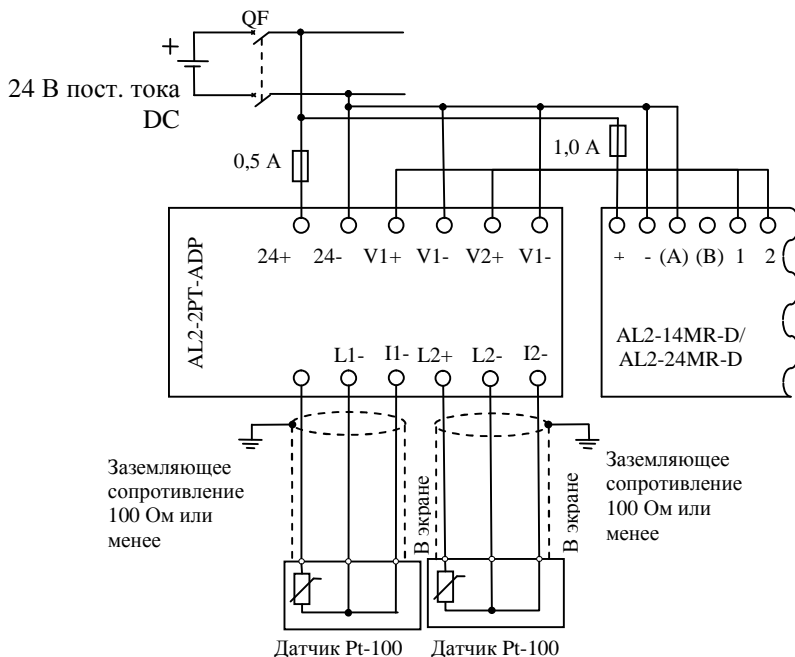


Рис. 31. Схема подключения ТСР100 к AL2-14-MR-D

3) выберите пункт **Аналоговый вход (Analog In)** из меню **Другие... (Others...)**:

Others ...
Light Time
> Analog In
ProgClear

Другие ...
Время освещения
> Аналоговый вход
Очистка программы

4) выберите вход, который соединен с модулем AL2-2PT-ADP:

Analog In ...
> I 01
I 02
I 03

Аналоговый вход ...
> I 01
I 02
I 03

5) установите конфигурацию входа для измерения температуры при помощи датчика с модулем AL2-2PT-ADP, выбрав пункт **Режим (Mode)**, и затем выбрав датчик **PT100** из пунктов на экране.

После проведения указанных действий можно в окне программирования установить пиктограмму, соответствующую PT100, на вход к которому подключен сигнал от AL2-2PT-ADP, и после записи программы в контроллер и запуска контроллера, перейдя в режим мониторинга, наблюдать отображение значений температуры в виде целого числа, последний разряд которого соответствует десятым градуса Цельсия. Но значения температуры могут отличаться от действительной температуры на несколько градусов. Для устранения этого недостатка проводится калибровка.

Калибровка. Для проведения калибровки системы с датчиком PT100 необходимо выполнить следующие действия:

1) выключить питание контроллера. Отсоединить датчик PT100 от AL2-2PT-ADP;

2) установить перемычку между выводами L1- и I1- (L2- и I2-), соответственно, для калибровки первого и второго каналов;

3) снять крышку на корпусе AL2-2PT-ADP, переставить джампер (перемычку) из положения **Line** в положение **-50 °C**, обозначенное надписью на корпусе прибора;

4) включить электропитание AL2-14MR-D, нажатием на клавиши **ESC+OK** войти в меню контроллера, выбрать пункт **Stop** и нажать **OK** два раза; контроллер перейдет в режим останова. После выбора датчика **PT100** (см. настройку контроллера) из пунктов на экране выберите пункт **Калибровка (Calibrate)** из пунктов меню настройки аналогового входа:

Calibrate > -50°C 200°C	Калибровка > -50°C 200°C
I 01 Mode > Calibrate Offset Fine	I 01 Режим > Калибровка Смещение точно

5) выберите пункт **-50 °C** из пунктов меню **Calibrate**. После нажатия на клавишу **OK** должно появиться подтверждающее

сообщение **OK** (если это сообщение не появилось, обратитесь к преподавателю). Выключите питание контроллера;

6) переставьте джампер (перемычку) из положения **–50 °C** в положение **200 °C**, обозначенное надписью на корпусе прибора. Включите питание контроллера. Выберите пункт **200 °C** из пункта меню **Calibrate**. После нажатия на клавишу **OK** должно появиться подтверждающее сообщение **OK** (если это сообщение не появилось, обратитесь к преподавателю). Выключите питание контроллера;

7) переставьте джампер из положения **200 °C** в положение **Line**;

8) подключите датчик PT100 к AL2-2PT-ADP по трехпроводной схеме как показано на рис. 31;

9) включите питание контроллера. Выход из меню – неоднократное нажатие на клавишу **ESC**. Калибровка первого канала завершена, можно переходить к проверке ее результатов;

10) калибровка второго канала производится в аналогичной последовательности.

Программа и методика выполнения работы

1. Изучить назначение и характеристики ТСП 100.
2. Изучить назначение и основные параметры дополнительного модуля контроллера AL2-2PT-ADP.
3. Изучить принципиальную электрическую схему подключения модуля AL2-2PT-ADP к контроллеру.
4. Изучить порядок подключения ТСП100 к AL2-14MR-D.
5. Изучить порядок настройки контроллера AL2-14MR-D на работу с подключенным на определенный вход сигналом от AL2-2PT-ADP.
6. Изучить порядок калибровки системы с контроллером AL2-14MR-D с подключенным на определенный вход сигналом от нормирующего преобразователя AL2-2PT-ADP с подключенным к нему датчиком PT100.
7. Собрать (проверить) схему системы с контроллером AL2-14MR-D с подключенным на определенный вход сигналом от нормирующего преобразователя AL2-2PT-ADP с подключенным к нему датчиком PT100 по аналогии с рис. 31.
8. Провести настройку контроллера AL2-14MR-D на работу с подключенным на определенный вход сигналом от AL2-2PT-ADP.

9. Провести (имитировать) калибровку канала измерения температуры.

10. Изучить (составить) схему подключения нагревательного элемента реле к выходу контроллера.

11. Проверить работу системы регулирования температуры, фиксируя в отчете изменение значений регулируемой температуры во времени. Построить график и оценить по снятой характеристике качество регулирования.

12. Подключить контроллер к компьютеру, используя кабель программирования AL232-CAB.

13. Загрузить систему программирования **Mitsubishi Alpha Controller**.

14. Изучить (составить) программу ПЛК для регулирования температуры. Объяснить назначение и параметры функциональных блоков в управляющей технологической программе контроллера.

15. Записать программу ПЛК в отчет.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема системы регулирования температуры на лабораторном стенде.
3. Управляющая технологическая программа контроллера.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Объясните работу системы по принципиальной электрической схеме подключения PT 100 к AL2-14MR-D с использованием нормирующего преобразователя AL2-2PT-ADP.
2. Объясните, какие настройки AL2-14MR-D необходимо проинвестировать для корректной работы с AL2-2PT-ADP и PT 100.
3. Объясните назначение и параметры инструкций в управляющей технологической программе.
4. Расшифруйте маркировку ПЛК, установленного на стенде.
5. Какие источники питания используются для контроллеров?
6. Какие источники входных сигналов контроллера могут использоваться?

7. Какие типы входных сигналов используются в ПЛК?
8. Какие типы выходных сигналов используются в ПЛК?
9. Опишите особенности монтажа и эксплуатации ПЛК.
10. Перечислите основные характеристики AL2-14MR-D.
11. Перечислите параметры входных дискретных сигналов контроллера.
12. Перечислите параметры аналоговых входных сигналов для контроллеров.
13. Перечислите технические характеристики транзисторных выходов контроллера.
14. Перечислите технические характеристики релейных выходов контроллера.
15. Перечислите технические характеристики дискретных входов контроллера.

Лабораторная работа № 9

МЕТОДЫ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

(4 часа)

Цель работы: приобретение навыков поиска неисправностей в микропроцессорных системах на основе промышленных логических контроллеров.

Лабораторное оборудование. Макет монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Программируемые логические контроллеры, ПЛК FX 1N 24MR, AL2-24MR-DC.

Краткие теоретические сведения

Промышленный контроллер, или программируемый логический контроллер (ПЛК или PLK), является «мозгом» практически любой системы автоматизации (АСУ ТП), внедряемой на большинстве производственных и сельскохозяйственных предприятий.

Программируемые логические контроллеры – важные устройства для автоматизации сложных технологических процессов. ПЛК дают значимую экономию при замене обычной логики в больших системах и повышают эффективность производства.

Так как промышленные контроллеры работают в цеховых условиях (подвержены влиянию пыли, влаги и вибраций) в режиме 24 на 7 и обслуживают их обычные инженеры и техники, то ПЛК должны обладать высокими показателями надежности и должны быть несложными в процессе пуска и эксплуатации.

Работа программируемого логического контроллера основывается на сборе внешних данных, в том числе через промышленные интерфейсы, с последующей выдачей управляющих сигналов на внешние устройства. Настройка ПЛК заключается в конфигурировании его входов и выходов и написании пользовательской программы. Программа содержит инструкции по обработке полученных данных и реализацию законов управления.

При обслуживании микропроцессорных систем управления эксплуатации систем остается ряд проблем, с которыми сталкивается эксплуатационный персонал в процессе работы с ПЛК.

Проблемы с диагностикой неисправностей

У начинающих инженеров АСУ ТП возникают опасения при поиске и устранении неисправностей и ошибок в ПЛК. В реальности протестировать промышленный контроллер даже проще, чем систему управления, построенную на релейной схеме. Для этого достаточно разобраться в средствах диагностики прикладного программного обеспечения, с помощью которого осуществляется программирование ПЛК.

Диагностика неисправностей контроллера осуществляется с помощью программного обеспечения с встроенными функциями диагностики. Такие программные продукты, как Siemens STEP 7, Codesys, IsaGraf, CX-One и другие обладают мощными встроенными функциями диагностики.

Проблемы с каналами ввода/вывода

Как правило, если появляются неисправности ПЛК, то ошибочно думать, что это неправильность алгоритма программы или неисправность процессорного модуля. На самом деле основная доля проблем с ПЛК приходится на каналы модулей ввода/вывода: отвалился датчик; оборвался провод, идущий с выхода ПЛК на промежуточное реле; выгорел вход модуля ввода (при отсутствии индивидуальной гальванической развязки и выгорают все входы). Такие неисправности можно диагностировать как с помощью встроенных программных средств диагностики ПЛК, так и визуально, по загоранию соответствующих индикаторов на лицевой панели промышленного контроллера или путем прозвонки сигнальных цепей.

Контроль входов-выходов можно осуществлять с помощью программ пользователя.

Если проблема с каналами ввода/вывода ПЛК или пропадают сигналы от датчиков, то, скорее всего, неисправность необходимо искать вне ПЛК. Если неисправность внутренняя, то симптомами таких проблем будут служить неверная работа алгоритма программы ПЛК или остановка цикла работы ПЛК. Такая неисправность

может привести к полному выходу из строя модулей промышленного контроллера.

Другой проблемой для промышленного контроллера может стать влияние электромагнитных или радиопомех, источниками которых могут быть наводки от силового электрооборудования, использование поблизости портативных радиопередатчиков или даже электрические разряды при ударах молнии. В случае сбоев от электромагнитных помех необходимо проверить, надлежащим ли образом экранировано и заземлено оборудование, а также линии передачи данных промышленных сетей.

Скачки напряжения питания, физическое воздействие, электромагнитные помехи могут влиять на работу памяти ПЛК и приводить к ее повреждению. Поэтому необходимо хранить актуальную резервную копию пользовательской программы промышленного контроллера на своем ноутбуке (программаторе) или на внешнем жестком диске, который можно использовать в качестве архива программ ПЛК.

Проверка источников питания не должна ограничиваться измерением напряжений с помощью вольтметра. Такие измерения могут показать отсутствие напряжения, но не дают представления о пульсациях и выбросах. Даже контроль питающих напряжений с помощью осциллографа должен выполняться осмотрительно. Любые пульсации питания обнаруживаются осциллографом, а отклонения, превышающие несколько милливольт, являются для линии стабилизированного питания весьма существенными. Амплитуда колебаний уровня питания на фильтрующем конденсаторе источника может достигать 1–2 В.

Хорошо спроектированный блок питания должен уменьшить ее примерно в тысячу раз, если не наблюдается критический уровень, когда стабилизатор работает на пределе своих возможностей. В этом критическом режиме даже небольшое увеличение тока нагрузки (или падение напряжения на линии) приводит к непропорционально большому увеличению пульсации на регулируемом выходе, что может привести к сбоям ПЛК и нарушению выполнения технологического процесса.

Контроллеры серии ALPHA фирмы Mitsubishi Electric – это простое и недорогое решение для целого ряда задач автоматизации.

Например, для управления осветительными устройствами, кондиционерами, защитными системами или устройствами регулирования температуры и контроля жидкостей. Контроллеры имеют как дискретные, так и аналоговые входы и выходы, быстрые счетчики до 1 кГц, функции GSM для работы с сетями мобильной связи. Имеется возможность подключения дополнительных модулей ввода-вывода.

Встроенный дисплей с подсветкой позволяет работать с диаграммами и движущимися текстовыми сообщениями. Защита трехуровневым паролем предотвращает несанкционированный доступ к корректировке данных и параметров, которые могут быть изменены с помощью восьми функциональных кнопок.

AL-PCS/WIN-EU – программное обеспечение под Windows, включающее симулятор и функцию визуализации процесса. Встроенный блок редактора экранов позволяет быстро и легко конфигурировать разрабатываемую пользователем систему меню дисплея. Наличие создаваемых пользователем функциональных библиотек создает дополнительные удобства в работе с контроллерами ALPHA. Имеется русифицированная версия ПО с примерами программ, функциональным блоком ПИД-регулирования, функциональным блоком для обработки сигналов термосопротивлений Pt100 и термопар типа К. Диапазон рабочих температур контроллеров от минус 25 °С до плюс 55 °С, что позволяет использовать блок вне закрытых помещений, а также в условиях низких температур без потери параметров точности и надежности. Схема подключения контроллера AL2-14MR-D представлена на рис. П2.2.

Основные параметры контроллера серии ALPHA

Русифицирован.

Большой встроенный дисплей (4 строки 12 символов) с кириллицей, подсветкой и горизонтальным скроллингом 8 кнопок для управления и программирования.

До восьми встроенных аналоговых входов (0–10 В, разрешение 9 бит).

Программа хранится в EEPROM.

Встроенный календарь и часы реального времени.

Монтаж на DIN-рейку или винтами.

Возможность программирования с помощью встроенного дисплея и кнопок.

Простое программирование и эмуляция работы схемы на ПК в программе AL-PCS/WIN-EU (полностью русифицированной).

Программа и методика выполнения работы

1. Проверить ПЭС подключения контроллера AL2-14MR-D к сети постоянного тока с использованием устройств защиты.
2. Проверить подключение контроллера к компьютеру с использованием кабеля программирования AL232-CAB.
3. Произвести проверку блока питания с использованием тестера и осциллографа.
4. Произвести проверку выходов контроллера на короткое замыкание (прозвонить выходы контроллера тестером).
5. Написать наладочную программу проверки входов выходов ПЛК.
6. Произвести проверку срабатывания выходов контроллера (методом прозвонки выходов контроллера) при подаче иммитационных сигналов с ПК, подключенного к контроллеру.
7. Произвести проверку срабатывания выходов контроллера при подаче сигналов на входы контроллера.
8. Составить наладочную программу включения выхода по входному сигналу.
9. Записать программу в контроллер.
10. Проверить работу входов-выходов контроллера.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схемы подключения контроллера.
3. Ответы на вопросы.
4. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Перечислите достоинства и недостатки ПЛК.
2. Раскройте порядок диагностики неисправностей контроллера.
3. Перечислите основные неисправности входов контроллера и раскройте методы устранения.

4. Перечислите основные неисправности релейных выходов контроллера. Каковы методы их устранения?
5. Перечислите основные неисправности транзисторных выходов контроллера. Каковы методы их устранения?
6. Опишите способы проверки блоков питания.
7. Составьте наладочную программу проверки срабатывания входов-выходов ПЛК.
8. Раскройте назначение дискретных входов контроллера.
9. Раскройте назначение аналоговых входов контроллера.

Лабораторная работа № 10 **ПРОВЕРКА МОНТАЖНЫХ СХЕМ** **СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

(4 часа)

Цель работы: проверка монтажа и наладка системы регулирования температуры на базе ПЛК с термопреобразователями сопротивления PT100, работающими совместно с нормирующим преобразователем AL2-2PT-ADP с универсальными измерительными выходными сигналами 0–10 В.

Лабораторное оборудование. Лабораторный стенд с макетом монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Модуль AL2-2PT-ADP. ПЛК. Датчик температуры PT100.

Краткие теоретические сведения

Проверка схем электрических соединений

Проверка схем электрических соединений предусматривает:

- 1) ознакомление с проектными схемами коммутации как принципиальными (полными), так и монтажными, а также кабельным журналом;
- 2) проверку соответствия установленного оборудования и аппаратуры проекту;
- 3) осмотр и проверку соответствия смонтированных проводов и кабелей (марки, материала, сечения и др.) проекту и действующим правилам;
- 4) проверку наличия и правильности маркировки на оконцевателях проводов и жил кабелей, клеммниках, выводах аппаратов;
- 5) проверку качества монтажа (надежности контактных соединений, укладки проводов на панелях, прокладки кабелей и т. п.);
- 6) проверку правильности монтажа цепей (прозвонку);
- 7) проверку схем электрических цепей под напряжением.

Цепи первичной и вторичной коммутаций проверяют в полном объеме при приемо-сдаточных испытаниях после окончания монтажа электроустановки. При профилактических испытаниях объем проверки коммутации значительно сокращается. Обнаруженные

в процессе проверки ошибки монтажа или другие отступления от проекта устраняют наладчики или монтажники (в зависимости от объема и характера работы). Принципиальные изменения и отступления от проекта допустимы только после согласования их с проектной организацией. Все изменения должны быть показаны на чертежах.

Задача измерения температуры в промышленности и сельском хозяйстве не сводится только к выбору точного и стабильного первичного преобразователя. Сигнал от термометра сопротивления или термопары должен качественно, без помех передаваться на измерительный прибор, в систему управления, автоматизации, сигнализации, которые могут находиться на большом расстоянии от датчиков. Поэтому измерительные системы автоматизации работают не непосредственно с первичным сигналом, полученным от датчика, а с сигналом, преобразованным в унифицированный выходной сигнал.

Широкое распространение получил унифицированный сигнал 4–20 мА. Это объясняется следующими причинами:

- на передачу токовых сигналов не оказывает влияния сопротивление соединительных проводов, поэтому требования к диаметру и длине соединительных проводов, значит, и к стоимости снижаются;

- наведенные электромагнитные помехи в токовых цепях малы по сравнению с аналогичными цепями, в которых используются сигналы напряжения;

- обрыв линии передачи токового сигнала 4–20 мА легко определяется измерительными системами по нулевому уровню тока в цепи.

Нормирующие преобразователи решают еще одну задачу – гальваническое разделение цепей. Необходимость гальванического разделения возникает, прежде всего, в тех случаях, когда многоканальная измерительная система работает с неизолированными источниками сигналов, находящихся под разными потенциалами. Как известно, в промышленных условиях даже заземленные источники, но расположенные на некотором удалении друг от друга, находятся под разными потенциалами частотой 50 Гц, обусловленными электромагнитным наводками от силовых цепей. Гальваническая развязка решает эту проблему: она полностью устраняет влияние разности постоянных потенциалов и значительно подавляет

переменные наводки частотой 50 Гц. Кроме того, гальваническое разделение предохраняет измерительные цепи от высокочастотных помех, которые вызваны короткими импульсами тока в силовых цепях. Такие импульсы возникают при работе сварочных аппаратов, индукторов, частотных преобразователей, тиристорных коммутаторов, а также при грозовых разрядах. В некоторых случаях нормирующие преобразователи, наряду с преобразованием и гальваническим разделением сигналов, выполняют важнейшую функцию сигнализации.

Современные нормирующие преобразователи не только усиливают слабые сигналы первичных датчиков, но и линеаризуют при необходимости нелинейные характеристики первичных датчиков, осуществляют компенсацию влияния «холодных» спаев термопары.

Нормирующие преобразователи желательно размещать как можно ближе к первичным датчикам. Идеальным можно считать решение, когда нормирующий преобразователь размещен в стандартной клеммной головке датчика. Ограничение, которое может препятствовать размещению преобразователя в едином конструктиве с датчиком, связано только особыми условиями эксплуатации, недопустимыми для электронных устройств. Прежде всего, это такие факторы, как температура, химически активные среды, взрывоопасные среды, вибрация, рентгеновское излучение и пр.

Модуль AL2-2PT-ADP PT100 выполнен в конструктивном исполнении, рассчитанном на монтаж на стандартный DIN-рельс 35 мм. В этом случае преобразователь и первичный датчик разнесены, но расстояние между ними желательно сделать минимальным. Такое конструктивное решение позволяет, с одной стороны, размещать их за пределами зон с жесткими условиями эксплуатации, с другой, – располагать их в единой защитной оболочке.

Имеются характеристики и параметры, по которым следует оценивать и сравнивать между собой нормирующие преобразователи:

- основная погрешность преобразования. Погрешность на уровне 0,1 % является для современных нормирующих преобразователей стандартом, также используются преобразователи с погрешностями 0,25 % и 0,5 %;

- стабильность метрологических характеристик при изменении температуры эксплуатации, сопротивлений нагрузки, которая характеризуется соответствующими дополнительными погрешностями;

- типы и диапазоны входных и выходных сигналов;
- подавление помех с частотой 50 Гц общего и нормального вида, а также устойчивость к электромагнитным воздействиям (микро- и наносекундные импульсы, статическое электричество и пр.);
- наличие гальванической изоляции и напряжение гальванической изоляции. Гальваническая изоляция, с одной стороны, позволяет работать с датчиками, находящимися под разными потенциалами, с другой, – служит защитой измерительных систем от электромагнитных воздействий, вызванных разрядами молний, сваркой и пр.;
- выполняемые функции (индикация, сигнализация, обнаружение аварийных ситуаций и пр.), возможность изменять функции путем программирования;
- параметры электропитания и их влияние на точность преобразования;
- конструктивное исполнение. Следует особо упомянуть исполнение преобразователей для применения во взрывоопасных условиях.

Унифицированные сигналы от нормирующих преобразователей температуры, давления и других параметров процессов, переданные на расстояние, могут быть с помощью измерителей и регистраторов вновь преобразованы в единицы измеряемых физических величин: градус, паскаль и т. д. Для контроллеров существуют универсальные измерительные модули, работающие с унифицированным сигналом от различных типов датчиков.

Методика поверки и калибровки термопреобразователей с унифицированным выходным сигналом

Поверка измерительного преобразователя (ИП) в комплекте с датчиком (ТС или ТП) осуществляется в термостате при нескольких градуировочных температурах, обычно соответствующих 5 %, 25 %, 50 %, 75 %, 95 % диапазона значений измеряемой температуры. Снимают показания значений эталонного термометра T_0 и токовый сигнал поверяемого термометра I_i . Значения температуры, соответствующие сигналу тока, рассчитывают по формуле

$$T_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (T_{\max} - T_{\min}) + T_{\min}.$$

Погрешность измерительного преобразователя в комплекте с датчиком рассчитывают по формуле

$$\gamma_1 = \frac{T_i - T_0}{T_{\max} - T_{\min}} \cdot 100 \, \%.$$

Необходимо учитывать, что точность измерения значений температуры с помощью измерительного преобразователя в комплекте с датчиком будет в основном определяться нестабильностью первичного преобразователя – термометра сопротивления или термопары, а не погрешностью преобразования. При смене первичного преобразователя придется делать повторную поверку комплекта.

Поэтому более распространенным методом является поверка датчика температуры и измерительного преобразователя по отдельности.

Для поверки ИП используется калибратор сигналов напряжения (имитация термопары) или сопротивления (имитация термометра сопротивления).

Основную приведенную погрешность и нелинейность ИП определяют в точках, соответствующих 1 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % диапазона изменений выходного токового сигнала для выхода от 0 до 5 мА и 5 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 % диапазона изменений выходного сигнала для выхода от 4 до 20 мА. Для каждого расчетного значения тока $I_{\text{расч}}$ рассчитывают соответствующее значение сопротивления (или ТЭДС для термопары). Это значение подают на ИП с помощью калибратора сигналов и измеряют выходное значение тока $I_{\text{вых}}$. Погрешность рассчитывается по формуле

$$\gamma_2 = \frac{I_{\text{вых}} - I_{\text{расч}}}{I_{\text{н}}} \cdot 100 \, \%,$$

где $I_{\text{н}}$ – нормирующее значение выходного сигнала, равное 5 мА для выхода от 0 до 5 мА, и 16 мА для выхода от 4 до 20 мА.

Нелинейность ИП определяют по значению наибольшего отклонения измеренных значений выходного сигнала от линейной зависимости между входным и выходным сигналами. Значение этого отклонения не должно превышать 0,5 предела допускаемой основной погрешности ИП.

Программа и методика выполнения работы

Перед началом монтажа системы измерения температуры с термосопротивлением необходимо провести внешний осмотр. При внешнем осмотре проверяют отсутствие видимых повреждений защитной арматуры и зажимов термопреобразователя.

1. Монтаж системы измерения температуры.

1.1. Установка модуля AL2-2PT-ADP.

1.2. Подготовить на монтажной плате место для установки модуля.

1.3. Установить модуль на монтажной плате, используя для его крепления монтажные элементы модуля и DIN-рейку.

2. Монтаж термометров сопротивления.

2.1. Установить в объекте контроля термометр сопротивления.

2.2. Подключить к термометру сопротивления соединительный медный кабель, концы которого перед подключением следует тщательно зачистить. Сечение жил кабеля должно быть не более 1 мм^2 , количество жил – не менее трех. Длина линии – не более 100 м. При прокладке кабеля выделить линию связи, соединяющую прибор с датчиком в самостоятельную трассу, располагая ее отдельно от цепей питания.

2.3. Произвести маркировку проводов с использованием маркеров.

2.4. Подключить термометр сопротивления.

2.5. В соответствии со схемой подключения модуля AL2-2PT-ADP (прилож. 5) и схемой подключения датчика (рис. 31) составить принципиальную электрическую схему подключения модуля и датчика температуры.

2.6. Подключить к прибору линию связи «прибор–датчик».

Содержание отчета

1. Название и цель работы.

2. ПЭС подключения датчика температуры и модуля AL2-2PT-ADP.

3. Монтажная схема подключений.

4. Ответы на вопросы.

5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. От чего зависит точность измерений?
2. Какие факторы влияют на погрешность измерения температуры?
3. Что необходимо проверить перед монтажом датчика температуры?
4. Какие монтажные факторы влияют на точность измерения?
5. Какие электрические факторы влияют на погрешность измерения?
6. Какие ошибки могут возникнуть при монтаже датчиков?
7. Приведите основные требования при монтаже термосопротивлений.
8. Когда применяется двухпроводная схема подключения термосопротивления?
9. Когда применяется трехпроводная схема подключения термосопротивлений?
10. Когда применяется четырехпроводная схема подключения термосопротивлений?
11. Какая схема подключения обеспечивает более точное измерение температуры?

Лабораторная работа № 11 **АВТОНОМНАЯ НАЛАДКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ** **СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

(4 часа)

Цель работы: автономная наладка системы с микропроцессорным устройством управления на базе преобразователя частоты.

Лабораторное оборудование. Макет монтажной панели. Преобразователь частоты. Осциллограф. ПЛК. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В.

Краткие теоретические сведения

При автономной наладке микропроцессорных систем управления осуществляется:

- проверка монтажа приборов и средств автоматизации на соответствие требованиям инструкций предприятий – изготовителей приборов и средств автоматизации; обнаруженные дефекты монтажа приборов и средств автоматизации устраняются монтажной организацией;
- проверка правильности маркировки, подключения и фазировки электрических проводок;
- фазировка и контроль характеристик исполнительных механизмов;
- настройка логических и временных взаимосвязей систем сигнализации, защиты, блокировки и управления; проверка правильности прохождения сигналов;
- предварительное определение характеристик объекта, расчет и настройка параметров аппаратуры систем, конфигурирование и параметрический синтез интеллектуальных датчиков, преобразователей и программно-логических устройств;
- подготовка к включению и включение в работу систем автоматизации для обеспечения индивидуального испытания технологического оборудования и корректировка параметров настройки аппаратуры систем в процессе их работы.

Обычно вентиляторы имеют параметры, которые обеспечивают максимальный расход воздуха, требуемый системой. Однако условия

функционирования часто требуют снижения расходов. Это может достигаться за счет дросселирования потока при постоянной частоте вращения вала вентилятора, а также за счет изменения скорости вращения вала вентилятора при использовании частотно-регулируемого привода. Производительность можно менять в зависимости от сезонных климатических условий баланса тепла и влаговыведений, выделений вредных газов и паров.

Зависимость потребляемой мощности вентилятора от скорости вращения вала вентилятора такая же, как и у центробежного насоса, т. е. снижение скорости вращения вала вентилятора приводит к уменьшению потребляемой мощности в 8 раз. Экономия электроэнергии при применении частотно-регулируемого привода может составлять до 60 %.

Характеристики преобразователя частоты HITACHI L100

Компактность.

«Интеллектуальная» панель управления обеспечивает простоту программирования и удобство управления.

Встроенный PID-регулятор.

Интерфейс RS422 позволяет подключаться к стандартным интерфейсным сетям Profibus, Modbus и т. д.

16-ступенчатый многоскоростной режим.

Вход датчика тепловой защиты электродвигателя.

Широкая гамма дополнительного оборудования.

Для автономной наладки, прежде всего, используют пульт оператора частотного преобразователя (рис. 32).

Работа с пультом оператора

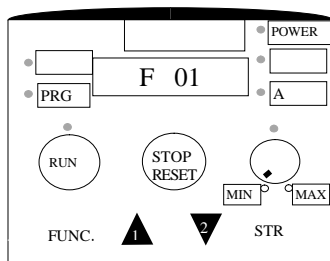


Рис. 32. Внешний вид пульта оператора частотного преобразователя

Клавиша **STOP/RESET** используется для остановки двигателя и сброса возникающих ошибок. Клавиша действует и при управлении с клемм.

Светодиод **RUN** загорается при подаче команды на запуск двигателя и при выдаче выходного сигнала.

Светодиод **PRG** загорается при программировании параметров инвертора.

Светодиод **POWER** загорается при подаче питания на инвертор.

Клавиша **RUN** используется для запуска двигателя. При управлении с клеммной панели данная клавиша не используется. Светодиод над клавишей загорается только при пуске с пульта.

Светодиод **Hz** или **A** загорается при отображении частоты или тока.

Потенциометр на пульте используется для задания частоты. (Светодиод загорается при использовании данного потенциометра.)

При нажатии на клавишу **STR** параметры функций сохраняются в памяти.

Клавиши **▲**, **▼** используются для изменения параметров.

Клавиша **FUNC** используется для установки параметров.

Порядок программирования

Описание работы с меню пульта оператора представлено на рис. 33.

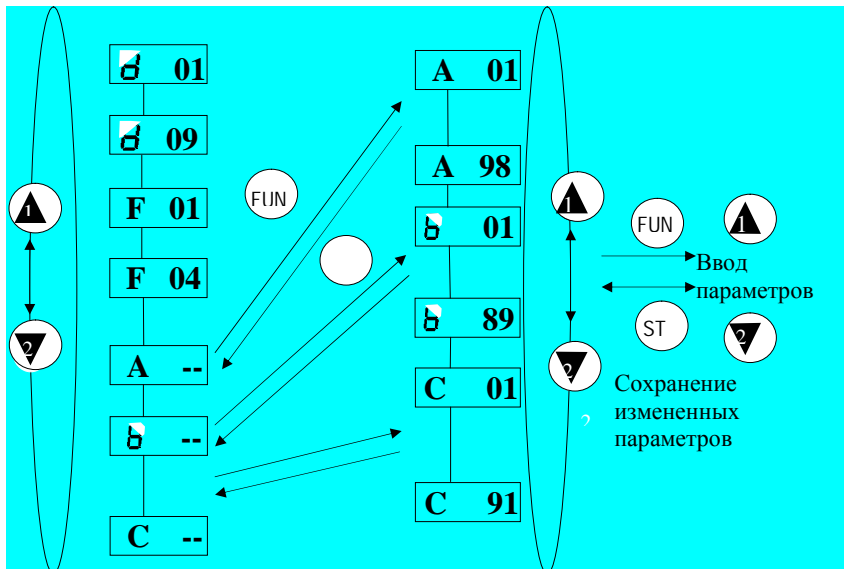


Рис. 33. Порядок выбора настроек преобразователя частоты

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ▲ ▼ </div>	<p>Эти клавиши используются для выбора кода и изменения данных. По одинарному нажатию на ▲ на экране сначала появится режим отображения d 0, затем – d 1, d 2, C -- и т. д., один за другим. Если нажать на клавишу ▲, когда на экране отображен режим C --, то снова появится d 0. Чтобы выбрать режим расширенных функций, надо нажать на клавишу FUNC, когда на экране отображено A --, B --, C --</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">FUNC</div>	<p>Эта клавиша позволяет просматривать и изменять параметры функций. Когда на экране отображено, A --, B --, C -, нажатие на FUNC (один раз) позволяет войти в режим расширенных функций</p>

Примечание. После изменения содержимого функций необходимо нажать на клавишу STR для сохранения изменений (рис. 34).

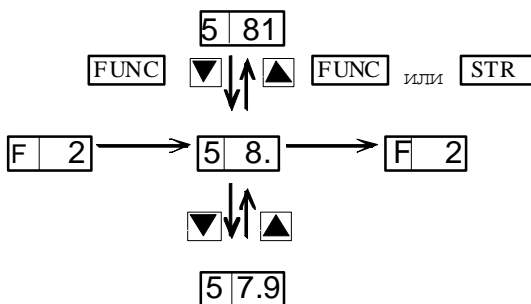


Рис. 34. Порядок ввода настроек преобразователя частоты

Клавиша (RUN) (см. рис. 32).

- После нажатия на данную клавишу выполняется запуск двигателя.
- Значение, установленное в функции F4, определяет направление вращения.

Клавиша (STOP/RESET).

- При нажатии на данную клавишу выход инвертора отключается (возможно отключение действия данной клавиши).
- Если произошел сбой, эта клавиша выполняет функции сброса.

Типовые функции настройки

F 02	Установка времени разгона 1	10.0
F 03	Установка времени замедления 1	10.0

Диапазон уставок: 0,1–3000 с

Время разгона/замедления 1 соответствует времени разгона/замедления двигателя от 0 Гц до максимальной частоты, задаваемой в функции A04.

F 04	Установка направления вращения двигателя	00
-------------	---	-----------

Возможные уставки: 00 01

Данная функция служит для задания направления вращения двигателя при пуске с помощью клавиши RUN. Это позволяет избежать переключения фаз при необходимости изменения направления вращения двигателя.

00: пуск вперед;

01: реверс.

Более подробные сведения содержатся в инструкции по эксплуатации преобразователя частоты.

Программа и методика выполнения работы

1. Ознакомиться с возможностями и основными характеристиками L100.

2. По инструкции к L100 и оборудованию лабораторного стенда изучить схему подключения ПЧ к сети и асинхронному двигателю.

3. Изучить схему подключения к дискретным и аналоговым входам и выходам L100.

4. По инструкции к L100 изучить порядок ввода настроек в L100 с панели управления. Определить, какими настройками L100 изменяются основные характеристики:

1) настройка времени торможения;

2) настройка времени разгона;

3) настройка способа задания частоты:

а) встроенным переменным резистором на пульте,

б) с клемм входного терминала: переменным резистором 1–2 кОм (1 Вт); напряжением 0–10 В (входное сопротивление – 10 кОм); токовым сигналом 4–20 мА (входное сопротивление – 250 Ом);

4) настройка способа подачи команд **RUN/RESET**:

а) с панели,

б) подачей сигнала на дискретные входы входного терминала;

5) Настройка направления вращения двигателя.

5. Последовательно изменять параметры настройки из предыдущего задания и фиксировать изменения в работе двигателя, подключенного к L100. При необходимости произвести соответствующие подключения к входам L100 для подачи управляющих сигналов и контроля выходных сигналов. Для контроля частоты вращения можно использовать сегментный диск, датчик типа бесконтактного выключателя, осциллограф и (или) программируемый логический контроллер. Фиксировать изменения электрических параметров.

6. По инструкции пользователя изучить настройки для управления L100 в многопозиционном режиме. Разработать схему соединения L100 с AL2 для решения задачи. Собрать схему и проверить в действии.

7. Изучить схему соединения персонального компьютера с L100, размещенную на стенде. Запустить программу связи L100 с компьютером, проверить наличие связи подачей сигналов **Пуск/Стоп**.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема подключения ПЧ.
3. Результаты выполнения заданий.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы.

Вопросы для контроля усвоения материала

1. Приведите последовательность выполнения автономной наладки микропроцессорных систем управления.
2. Какие основные параметры могут отображаться на строке панели управления L100?
3. Какие настройки необходимо произвести для отображения в строке панели управления текущей заданной частоты? текущего

тока, потребляемого двигателем? текущего состояния дискретных входов?

4. Каким образом можно плавно изменять заданную частоту L100, используя AL2-14MR-D?

5. Какими настройками определяется место изменения заданной частоты (ручка на панели управления, переменный резистор, сигнал аналогового входа, комбинации сигналов на дискретных входах)?

6. Какими настройками определяется управление заданной частотой по сигналам на дискретных входах?

7. Сколько дискретных ступеней заданной частоты максимально возможно?

8. Какой настройкой преобразователя частоты изменяется заданное направление вращения двигателя? как ее изменить?

9. Какой настройкой определяется заданное время разгона двигателя? как ее изменить?

10. Какой настройкой определяется заданное время торможения двигателя? как ее изменить?

11. Какие внешние интерфейсы имеются в L100?

12. Каким образом L100 подключается к персональному компьютеру физически?

13. Какое программное обеспечение используется для связи компьютера с L100? Каким образом изменяются настройки L100 при помощи компьютера?

14. Какая информация может отображаться на налоговом выходе L100? Какие настройки необходимо произвести?

15. Опишите схему соединения L100 с AL2-14MR-D, обеспечивающую многопозиционное изменение частоты вращения по дискретным сигналам с контроллера.

ГЛОССАРИЙ

Диапазон входного напряжения – рабочий диапазон напряжения входной цепи.

Дискретный вход – входное соединение с ПЛК, которое преобразует электрический сигнал, идущий от внешнего устройства, в двоичный сигнал (вкл./выкл.), считываемый ЦПУ при каждом цикле ПЛК.

Дискретный выход – выходное соединение от ПЛК, которое преобразует выход внутренней программы (0 или 1) в операцию включения или выключения выходного переключателя (транзистор, реле и т. д.). Это позволяет программе включать и выключать внешние нагрузки.

Индикаторы состояния – светодиоды, отображающие состояния (вкл./выкл.) входа или выхода. Все светодиоды обычно подключены к логическим входным или выходным цепям (а не к физическим входам или выходам).

Максимальное напряжение – максимально допустимое напряжение во входной цепи.

Монтажные схемы – это чертежи, показывающие реальное расположение компонентов как внутри, так и снаружи объекта, изображенного на схеме.

НКУ (низковольтные комплектные устройства) – шкаф НКУ применяются в сетях постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В.

Объект автоматизации – это сооружения, оборудование и коммуникации технологических и инженерных систем (трубопроводы технологические, воздухопроводы, дымоходы и т. п.) и происходящие в них процессы.

Отборное устройство (относится к технологической части) – устройство, устанавливаемое на технологическом оборудовании или трубопроводе и предназначенное для подвода контролируемой среды к приборам или измерительным преобразователям (датчикам).

Полное входное сопротивление (импеданс) – полное входное сопротивление для вычисления силы тока на входе при определенном уровне рабочего напряжения.

Помещения автоматики – специальные помещения в зданиях или отдельно стоящие здания, предназначенные для размещения технических средств систем автоматизации (диспетчерские, операторские, посты управления, аппаратные залы, вычислительные центры).

Программируемый логический контроллер (ПЛК) – микро-процессорная система, предназначенная для реализации алгоритмов логического управления.

Рабочая документация – документация, предназначенная для производства строительных и монтажных работ и выполняемая в соответствии с требованиями системы проектной документации для строительства (СПДС).

Сила тока на входе – характерная сила тока для активного (вкл.) входа.

Системы автоматизации (СА) – технические средства или совокупность технических и программных средств, обеспечивающих: – получение и представление информации о состоянии объекта автоматизации, ходе и параметрах протекающих процессов (функции контроля); – выработку и реализацию управляющих воздействий на объект автоматизации (функции управления).

Структурная схема – определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь.

Схема – совокупность элементов и цепей связи между ними, выполняющая определенную функцию.

Технические средства систем автоматизации, комплекс технических средств (КТС) – совокупность устройств (изделий), обеспечивающих получение, ввод, подготовку, преобразование, обработку, хранение, регистрацию, вывод, отображение, использование и передачу данных, выработку и реализацию управляющих воздействий.

Трубная проводка – совокупность труб и трубных кабелей (пневмокабелей), соединений, присоединений, защитных устройств и арматуры.

Уровень напряжения включения – минимальный уровень напряжения, при котором происходит включение точки входа.

Уровень напряжения выключения – максимальный уровень напряжения, при котором происходит выключение точки входа.

Эксплуатационная документация – документация, предназначенная для наладки и дальнейшей эксплуатации средств автоматизации (в том числе эксплуатационная документация на составные части и компоненты систем) и разрабатываемая по требованиям ГОСТ 2.601 и ГОСТ 34.201 разработчиками АС и фирмами-изготовителями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основной

1. Куценко, Г. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок / Г. Ф. Куценко. – Минск : Дизайн ПРО, 2006. – 472 с.
2. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое знание; М. : ИНФА-М, 2013. – 271 с.
3. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М. : КолосС, 2004. – 344 с.
4. Якубовская, Е. С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства : практикум / Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2008. – 321 с.
5. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : Новое знание; М. : ИНФА-М. – 376 с.
6. Коломинец, А. П. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации / А. П. Коломинец [и др.]. – М. : Колос, 2007. – 351 с.
7. Жур, А. А. Монтаж средств автоматики : лабораторный практикум / А. А. Жур. – Минск : БГАТУ, 2017. – 152 с.

Дополнительный

8. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства : лабораторный практикум / Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова, А. А. Солдатенко. – Минск : БГАТУ, 2011. – 196 с.
9. Воробьев, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации / В. А. Воробьев. – М. : КолосС, 2004. – 336 с.
10. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / В. В. Гурин [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.

Технические нормативные правовые акты

11. ГОСТ 2.702–75 (СТ СЭВ 1188–78). Правила выполнения электрических схем: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.702–69, кроме п.п. 3.23–3.37, п. 3.61 и приложения 1; введ.1977-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 34 с.

12. ГОСТ 2.710–81 (СТ СЭВ 2182–80). Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.710–75; введ.1981-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 14 с.

13. ГОСТ 2.749–91. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.743–82; введ. 1993-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 58 с.

14. ГОСТ 2.759–82. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники: ЕСКД. – Введен впервые 1983-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 14 с.

15. ГОСТ 19.701–90 (ИСО 5807–85). ЕСПД. Схема алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. – Взамен ГОСТ 19.003–80; введ.1992-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 26 с.

16. Строительные нормы и правила Системы автоматизации СНиП 3.05.07 85.

Интернет-ресурсы

17. Информационное обеспечение систем управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.pnkexams.narod.ru/montazh2.html#4_2. – Дата обращения: 22.01.2020.

18. Электрик в доме : сайт домашнего электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricvdome.ru/montaj-electroprivodki/cvetovaya-markirovka-provodov.html>. – Дата обращения: 12.03.2020.

19. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств. В 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studme.org/250168/tehnika/ispolnitelnye_ustroystva_sistem_avtomatiki. – Дата обращения: 10.04.2020.

20. Системы автоматизации. Монтаж и наладка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquagroup.ru/normdocs/3934#i363541>. – Дата обращения: 12.05.2020.

21. Журнал эксплуатации систем противопожарной защиты в электронном виде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/primenenie-i-ispolzovanie-teplovizora/>. – Дата обращения: 27.02.2020.

ПРИЛОЖЕНИЯ

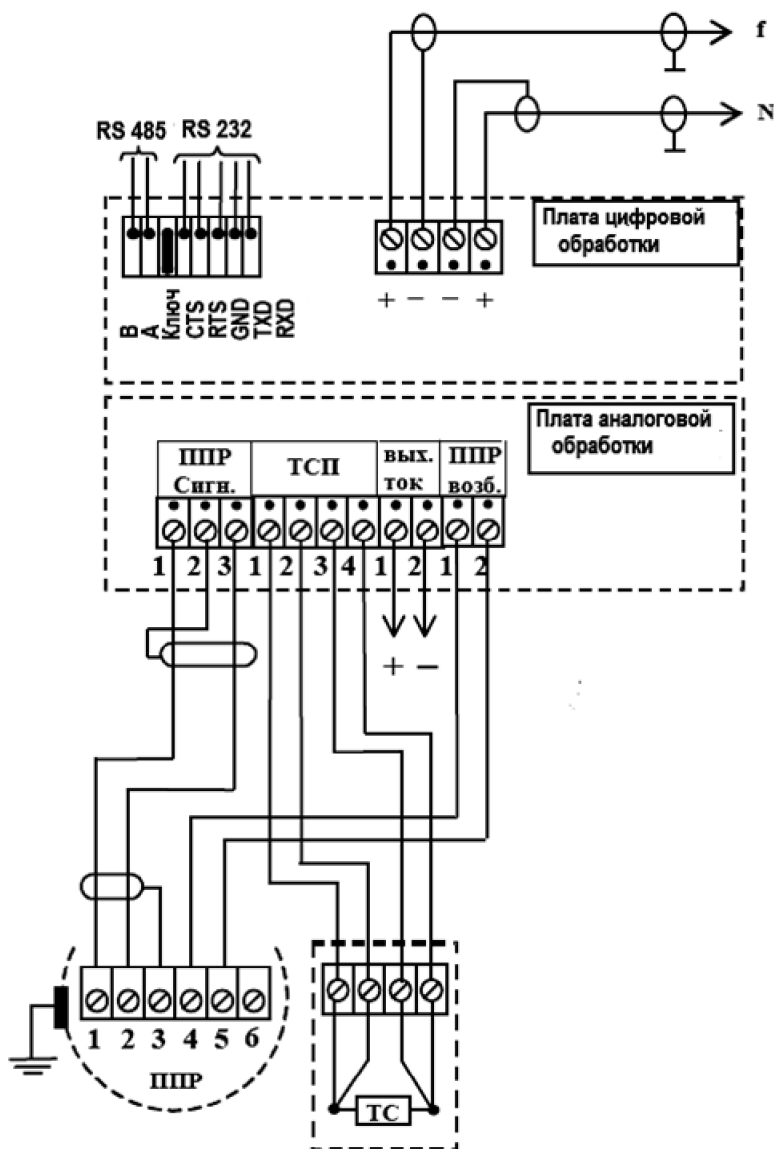


Рис. П.1. Схема электрических соединений расходомера

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П.2.1

Технические характеристики контроллеров серии AL 2.
Параметры источника питания

Наименование	Код	Значение параметра
Источник питания	AL2-***A	100–240 В переменного тока, 50 Гц
	AL2-***D	24 В постоянного тока, $\pm 15\%$
Максимальная продолжительность кратковременного перерыва в подаче электропитания	AL2-***A	10 мс
	AL2-***D	5 мс
Максимальное потребление электроэнергии	AL2-24MR-A, 264 В	7,0 Вт
	AL2-24MR-D, 28.6 В	9,0 Вт
Типичное значение потребления электроэнергии (без специальных соединительных модулей)	AL2-10MR-A, 240 В	При всех включенных блоках ввода/вывода – 3,5 Вт; при всех выключенных – 1,85 Вт
	AL2-10MR-D, 24 В	При всех включенных блоках ввода/вывода – 2,5 Вт; при всех выключенных – 0,75 Вт
	AL2-14MR-A, 240 В	При всех включенных блоках ввода/вывода – 4,5 Вт; при всех выключенных – 2,0 Вт
	AL2-14MR-D, 24 В	При всех включенных блоках ввода/вывода 4,0 Вт; при всех выключенных – 1,0 Вт
	AL2-24MR-A, 240 В	При всех включенных блоках ввода/вывода 5,5 Вт; при всех выключенных – 2,5 Вт
	AL2-24MR-D, 24 В	При всех включенных блоках ввода/вывода 5,0 Вт; при всех выключенных – 1,0 Вт

Таблица П.2.2

Технические характеристики контроллеров серии ALFA 2.
Характеристики входных цепей постоянного тока

Наименование				Сток (общий «-»)	Источник (общий «+»)
Входное напряжение				24 В, ±15 %	24 В, ±15 %
Входной ток	Главный модуль	AL2-10MR-D	I01–I06	5,5 мА, 24 В	6,0 мА, 24 В
		AL2-14MR-D	I01–I08		5,5 мА, 24 В
		AL2-24MR-D	I09–I15		
	AL2-4EX		EI1–EI4	5,4 мА, 24 В	5,4 мА, 24 В
ВЫКЛ.-ВКЛ. ВКЛ.-ВЫКЛ.	Главный модуль		I01–I15	Ток: ≥ 4,7 мА/ ≤ 1,1 мА Напряжение: ≤ 4 В/ ≥ 18 В	Напряжение: ≥ 18 В/ ≤ 4 В
	AL2-4EX		EI1–EI4	Напряжение: ≥ 18 В/ ≤ 4 В	Напряжение: ≥ 18 В/ ≤ 4 В
Время переходного процесса	Главный модуль			10–20 мс	
	AL2-4EX			10–20 мс	
Изолирующая цепь	Главный модуль			Не имеется	
	AL2-4EX			Оптронная пара	
Индикация функционирования				Жидкокристаллический дисплей	

Характеристики аналоговых входных цепей

Наименование	Характеристики аналоговых входных цепей
Количество точек ввода входного сигнала	6 (I01–I06): AL2-10MR-D
	8 (I01–I08): AL2-14MR-D,): AL2-24MR-D
Диапазон аналогового входного сигнала	0–500
Разрешение	9 разрядов, 20 мВ (10 В/500)
Время преобразования	8 мс
Входное напряжение	0–10 В постоянного тока
Полное входное сопротивление	142 кОм \pm 5 %
Общая точность	\pm 5 % (0,5 В постоянного тока)
Смещение/Коэффициент усиления	<p>Величина смещения = 0 при 0 В постоянного тока.</p> <p>Величина коэффициента усиления: 0–10 В = 0–500.</p> <p>Эти заданные по умолчанию величины могут быть изменены в функциональном блоке регулировки смещения/коэффициент усиления</p>
Температурный дрейф	\pm 3 наименьших значений разряда

Характеристики выходных цепей с переключающими реле

Наименование		Характеристики реле
Переключаемое напряжение		250 В переменного тока или менее, 30 В постоянного тока или менее
Максимальная резистивная нагрузка	AL2-10MR-* (O01-O04)	8 А/общ.
	AL2-14MR-* (O01-O06)	
	AL2-24MR-* (O01-O04)	
	AL2-24MR-* (O05-O09)	2 А/точку (4 А/общ.)
	AL2-4EYR (E01-E04)	2 А/точку
Количество циклов переключения за срок службы контактов / резистивная нагрузка	AL2-10MR-* (O01-O04)	100 000 циклов при токе 8 А 240 В переменного тока или 24 В постоянного тока
	AL2-14MR-* (O01-O06)	
	AL2-24MR-* (O01-O04)	
	AL2-24MR-* (O05-O09)	100 000 циклов при токе 2 А 240 В переменного тока или 24 В постоянного тока
	AL2-4EYR (E01-E04)	
Минимальная нагрузка		50 мВт (10 мА при 5 В постоянного тока)
Время переходного процесса		≤ 10 мс
Индикация функционирования		Жидкокристаллический дисплей
Изолирующая цепь		

Таблица П.2.5

Характеристики транзисторных выходных цепей (модуль AL2-4EYT)

Наименование	Характеристики транзисторов
Переключаемое напряжение	5–24 В постоянного тока
Максимальная резистивная нагрузка	1 А/точку (8–24 В постоянного тока) 0,1 А/точку (5–8 В постоянного тока)
Минимальная нагрузка	1,0 мА
Максимальная индуктивная нагрузка	1 А/24 В постоянного тока (24 Вт)
Время переходного процесса Вкл./Выкл.	≤ 1 мс
Токовая утечка при разомкнутой цепи	$\leq 0,1$ мА/24 В постоянного тока
Индикация функционирования	Жидкокристаллический дисплей
Изолирующая цепь	Оптронная пара

Схема подключения входов и выхода контроллера AL1-14MR-D

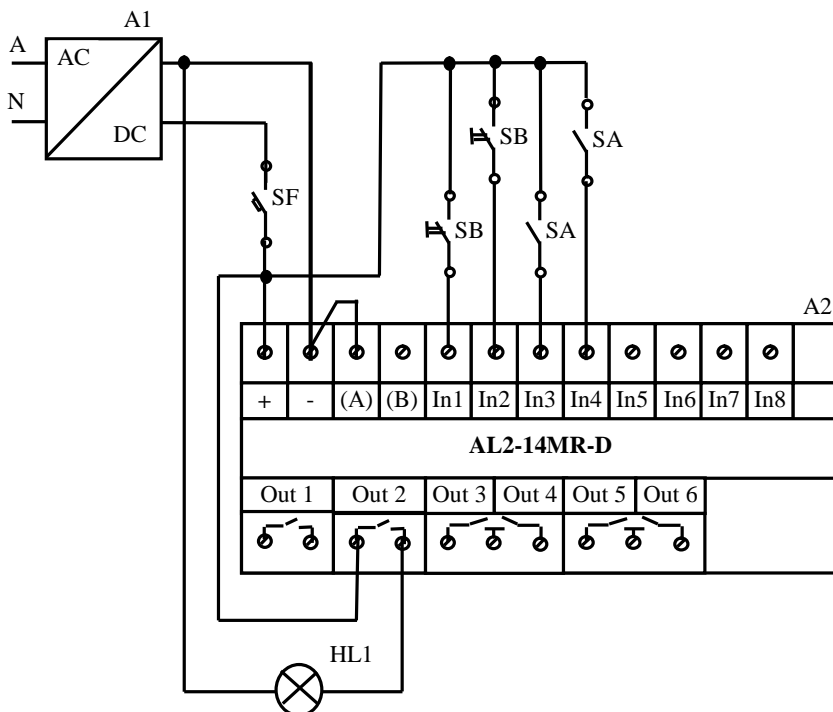


Рис. П.2.1. Схема электрическая принципиальная подключения контроллера.

Входы контроллера подключены к источнику питания с общим «+».

Для этого между клеммами «-» и «А» контроллера ставится перемычка:

A1 – блок питания 24 В; A2 – контроллер AL2-14MR-D

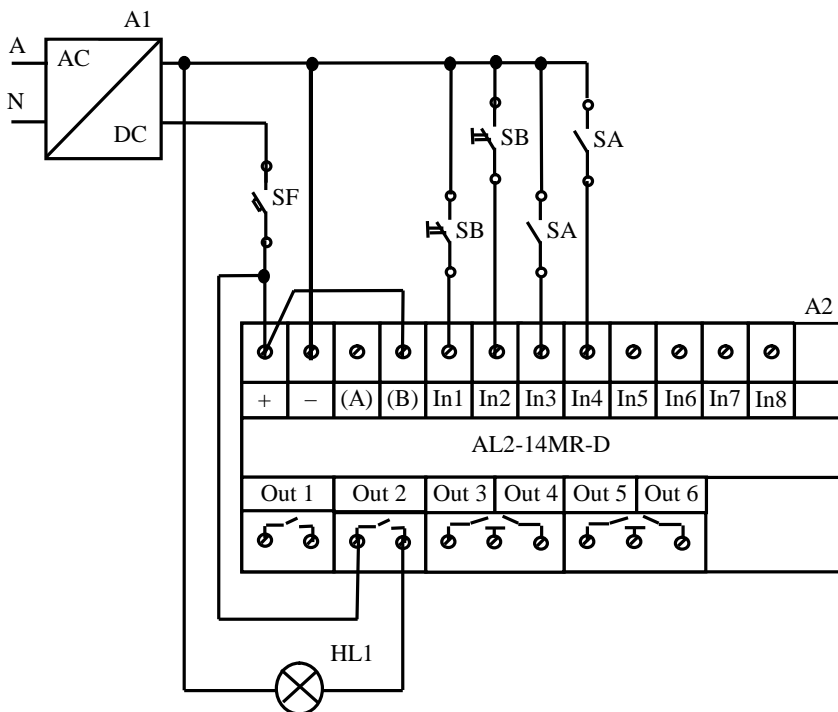


Рис. П.2.2. Схема электрическая принципиальная подключения контроллера.
 Входы контроллера подключены к источнику питания с общим «-».
 Для этого между клеммами «+» и «В» контроллера ставится перемычка

Учебное издание

Жур Анатолий Анатольевич,
Павловский Владимир Александрович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *А. Г. Сеньков*
Редактор *Т. В. Каркоцкая*
Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 8.06.2021. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 5,82. Тираж 50 экз. Заказ 15.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.