

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине

«ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ»

для студентов специальности

1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств

Часть вторая

УДК 681.58

Методические указания содержат теоретические сведения, справочные материалы, примеры и задания для выполнения лабораторных работ по курсу «ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ» для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Издаётся в двух частях. Часть 2.

Составители: А.А. Клопоцкий, ст. преподаватель
О.Н. Прокопеня, к.т.н., доцент
А.Г. Олех, ассистент

Рецензент: главный инженер ОАО «Автометрия» А.В. Шацкий

Содержание

Предисловие	4
Лабораторная работа 13 Исследование работы сельсинов	4
Лабораторная работа 14 Исследование нормирующего преобразователя «Термо-ЭДС – аналоговый токовый выход»	11
Лабораторная работа 15 Изучение преобразователя давления в унифицированный токовый сигнал АИР-20	15
Лабораторная работа 16 Исследование полупроводникового тензометрического датчика (гедистора)	19
Лабораторная работа 17 Исследование индуктивного и трансформаторного измерительных преобразователей	23
Лабораторная работа 18 Исследование дозатора весового	27
Лабораторная работа 19 Изучение принципа работы таймера электронного ЭТ – 20	33
Лабораторная работа 20 Изучение принципа работы счетчика импульсов СИ-8	36
Лабораторная работа 21 Изучение принципа действия блока управления тиристорами и симисторами	38
Лабораторная работа 22 Технические устройства автоматизации в системах управления электроприводом	41
Лабораторная работа 23 Исследование аналого-цифрового преобразователя	51
Список литературы	57

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторные работы имеют целью углубить и закрепить теоретические знания студентов, дать им экспериментальное подтверждение, показать их практическую ценность, ознакомить студентов с используемым в лабораториях оборудованием, приборами, а также научить самостоятельно проводить экспериментальные исследования и анализировать полученные результаты.

Ввиду того, что лабораторные занятия проводятся одновременно с чтением лекций, а подчас и опережают их, описания лабораторных работ содержат краткие теоретические сведения, позволяющие выполнять работы в любой последовательности. Однако, чтобы успешно выполнить задания, предусмотренные программой каждой лабораторной работы, уметь сделать обобщающие выводы на основании данных проведенного эксперимента, необходима тщательная предварительная подготовка к выполнению каждой лабораторной работы. Только овладев теоретическими знаниями, изучив по учебникам и рекомендованным пособиям соответствующий материал, осмыслив его, уяснив цель, сущность, основное содержание и ожидаемые результаты предстоящей работы, а также заранее ознакомившись с принципом действия и правилами эксплуатации приборов, с которыми придется иметь дело, можно приступить к занятиям в лаборатории.

Лабораторные работы выполняются бригадой, как правило, состоящей из двух-трех студентов. График прохождения лабораторных работ объявляется до начала лабораторных занятий.

При первом посещении лаборатории со студентами проводится инструктаж по правилам техники безопасности, о чем каждый из них расписывается в специальном журнале. В дальнейшем студент обязан строго выполнять правила электрической и противопожарной безопасности в лаборатории.

Подключать стенды, макеты и приборы к источникам электропитания можно только с разрешения преподавателя или лаборанта.

После окончания лабораторной работы студенты должны отключить оборудование от источников электропитания, разобрать схему, убрать рабочее место, а полученные результаты измерений и наблюдений предъявить преподавателю.

Лабораторная работа 13

Исследование работы сельсинов

Цель работы

- Ознакомиться с устройством и принципом работы сельсинов.
- Изучить системы дистанционной передачи показаний при работе сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.

13.1 Сельсины

В современной технике очень часто возникает необходимость синхронизации вращения или поворота различных осей механизмов, находящихся на значительном расстоянии друг от друга и механически между собой не связанных. Эта задача чаще всего решается с помощью электрических систем синхронной связи.

Синхронной связью называется такая электрическая связь, которая обеспечивает одновременное вращение или одновременный поворот двух или нескольких механически несвязанных, находящихся на расстоянии друг от друга осей механизмов.

В технике получили распространение два основных вида систем синхронной связи: система электрического вала (синхронного вращения) и система передачи угла (синхронного поворота).

Системы синхронного вращения применяются там, где требуется осуществить синхронное вращение двух или нескольких находящихся на расстоянии друг от друга осей механизмов, имеющих значительные моменты сопротивления. Синхронное вращение осуществляется с помощью обычных электрических машин, чаще всего трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором. Обмотки роторов двигателей в этом случае соединяются друг с другом, обмотки статоров питаются от одной и той же сети трехфазного тока.

Системы синхронного поворота применяются для дистанционного управления, регулирования или контроля. Чаще всего синхронный поворот осуществляется с помощью небольших индукционных электрических машин – трехфазных или однофазных сельсинов.

Трехфазные сельсины конструктивно не отличаются от обычных асинхронных машин с фазным ротором. Простейшая трехфазная система синхронной связи представляет собой соединение двух одинаковых сельсинов: приемника и датчика. Сельсины включаются в сеть переменного тока своими первичными обмотками, которыми могут быть как обмотки статора, так и обмотки ротора (обычно первичной является обмотка статора). Концы соответствующих фаз вторичных обмоток обоих сельсинов соединяются друг с другом как показано на рисунке 13.1. В зависимости от порядка следования фаз приемника и датчика сельсины вращаются в одном или разных направлениях.

Наибольшее распространение в настоящее время получили системы передачи угла, осуществляемые с помощью однофазных сельсинов.

Однофазные сельсины – это обычно индукционные машины, которые имеют однофазную обмотку возбуждения и трехфазную обмотку синхронизации. На рисунке 13.2 представлена схема 1 однофазного контактного сельсина с обмоткой возбуждения на статоре и трехфазной обмоткой синхронизации на роторе.

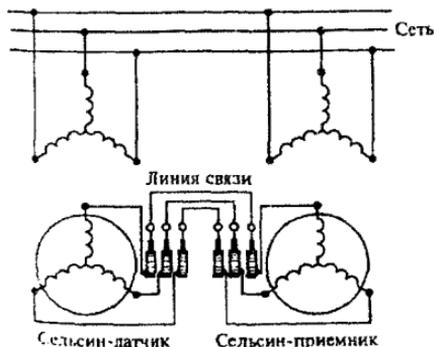


Рисунок 13.1 – Схема включения трехфазных сельсинов

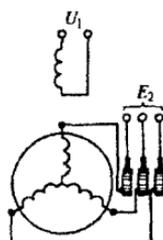


Рисунок 13.2 – Схема однофазного контактного сельсина

В схемах автоматики используются две принципиально отличные друг от друга системы синхронной передачи угла: индикаторная и трансформаторная.

Индикаторная система синхронного поворота применяется там, где момент сопротивления на ведомой оси мал или совсем отсутствует (ось нагружена стрелкой или шкалой). В индикаторной системе сельсин-приемник самостоятельно обрабатывает угол, задаваемый сельсином-датчиком.

Трансформаторная система синхронного поворота применяется там, где на ведомой оси имеется значительный момент сопротивления. В трансформаторной системе принимающий сельсин (сельсин-приемник) обрабатывает задаваемый сельсином-датчиком угол не самостоятельно, а с помощью механически и электрически связанного с ним исполнительного двигателя.

Сельсины выпускаются как на промышленную частоту 50 Гц, так и на повышенные частоты 400, 500 Гц.

13.2 Работа сельсинов в индикаторном режиме

Простейшая индикаторная система синхронной связи для дистанционной передачи угла состоит из двух одинаковых сельсинов (приемника и датчика) и линии связи показано на рисунке 13.3. Обмотки возбуждения (ОВ) обоих сельсинов подключаются к однофазной сети переменного тока. Концы фаз А, В, С обмотки синхронизации приемника соединяются линией связи с концами фаз обмотки синхронизации датчика.

Переменные токи $I_{вд}$ и $I_{вп}$ обмоток возбуждения сельсинов создают магнитные потоки $\Phi_{вд}$ и $\Phi_{вп}$, которые индуцируют в обмотках синхронизации сельсинов электродвижущие силы: $E_{ад}$, $E_{вд}$, $E_{сд}$, $E_{ап}$, $E_{вп}$ и $E_{сп}$. Значение ЭДС обмотки той или иной фазы зависит от ее пространственного расположения относительно обмотки возбуждения. Если фазы обмоток синхронизации датчика и приемника расположены одинаково относительно соответствующих обмоток возбуждения ($\alpha_d = \alpha_p$), то в соединенных между собой линией связи обмотках синхронизации приемника и датчика индуцируются одинаковые и встречно направленные ЭДС. Эти ЭДС уравниваются друг друга, и в цепи обмоток синхронизации ток отсутствует. Такое положение роторов сельсинов называется согласованным.

Если ротор датчика поворотом на некоторый угол вывести из согласованного положения, то равновесие ЭДС, индуцированных в одноименных обмотках синхронизации, нарушится. За счет этого в обмотках синхронизации и линии связи появятся токи I_A , I_B и I_C . В результате взаимодействия этих токов с магнитными потоками обмоток возбуждения возникнут вращающие моменты как в сельсине-датчике, так и в сельсине-приемнике, которые будут стремиться привести роторы сельсинов в согласованное положение. Вращающие моменты, действующие на роторы приемника и датчика, будут равны по значению и противоположны по направлению.

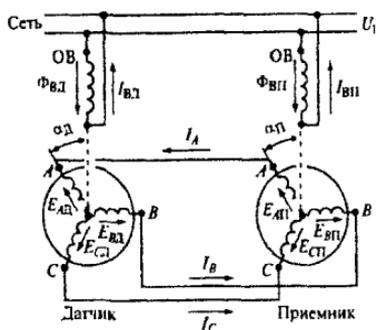


Рисунок 13.3 – Индикаторная система синхронной связи

Так как ротор сельсина-датчика после поворота обычно фиксируется (затормаживается), то поворачиваться (до согласованного положения) будет ротор сельсина-приемника. Значение синхронизирующего момента, развиваемого сельсином-приемником, зависит от угла рассогласования и параметров сельсинов системы.

Точность работы сельсинов в схеме синхронной связи зависит как от качества работы (точности) сельсинов-приемников, так и от качества работы (точности) сельсинов-датчиков.

Точность работы сельсина-приемника в индикаторном режиме характеризуется погрешностью $\Delta\theta$, которая определяется как полусумма максимального положительного $\theta_{\max 1}$ и максимального отрицательного $\theta_{\max 2}$ отклонений ротора приемника от согласованного с ротором датчика положения за один оборот:

$$\Delta\theta = (\theta_{\max 1} - \theta_{\max 2})/2. \quad (13.1)$$

Погрешность в статическом режиме определяется путем поворота ротора датчика сначала по часовой стрелке на 360° . Измерение погрешности производится либо непрерывно (с помощью приборов), либо через 1 или 10° в зависимости от требуемой точности.

По значению погрешности $\Delta\theta$ в статическом режиме при работе по схеме «один на один» различают индикаторные сельсины-приемники четырех классов точности: 1-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 30'$; 2-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 45'$; 3-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 60'$; 4-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 90'$.

Точность работы сельсинов-приемников в индикаторном режиме определяет ряд факторов:

- удельный синхронизирующий момент $M_{уд}$ – момент, приходящийся на Γ угла рассогласования;
- момент сопротивления на валу приемника M_C (обычно момент трения самого приемника $M_C = M_T$);
- добротность сельсина – отношение удельного синхронизирующего момента к моменту трения ($D = M_{уд}/M_T$);
- магнитная и электрическая несимметрия;
- дисбаланс ротора;
- время успокоения – время, в течение которого успокаивается (останавливается) ротор приемника после рассогласования на $\pm 179^\circ$;
- точность сельсинов-датчиков, режим работы и др.

13.3 Работа сельсинов в трансформаторном режиме

Простейшая трансформаторная система синхронной связи показана на рисунке 13.4 и состоит из двух сельсинов – приемника и датчика, соединенных линией связи, усилителя (У) и исполнительного двигателя (ИД), вал которого механически соединен с валом ротора сельсина-приемника (обратная механическая связь).

Однофазная обмотка сельсина-датчика $ОВ_d$ подключается к сети переменного тока. Ток этой обмотки создает пульсирующий магнитный поток $\Phi_{Вd}$, который, сцепляясь с обмоткой синхронизации, наводит в ее фазах следующие ЭДС:

$$\begin{aligned} E_{д1} &= E_{\Phi \max} \cos \alpha_d; & E_{д2} &= E_{\Phi \max} \cos (\alpha_d - 120^\circ); \\ E_{сд1} &= E_{\Phi \max} \cos (\alpha_d - 240^\circ), \end{aligned} \quad (13.2)$$

где $E_{\Phi \max}$ – максимальная ЭДС, наводимая магнитным потоком в однофазной обмотке возбуждения датчика.

Значения этих ЭДС зависят от расположения фаз обмотки синхронизации относительно обмотки возбуждения.

Под действием ЭДС $E_{АД}$, $E_{ВД}$, $E_{СД}$ ($E_{ФД}$) в соединенных между собой одноименных фазах обмоток синхронизации датчика и приемника, а также в линии связи возникают токи I_A , I_B , I_C (I_Φ), которые определяются значениями соответствующих ЭДС, а также полными сопротивлениями фаз датчика $Z_{ФД}$, приемника $Z_{ФП}$ и линии связи Z_Π :

$$I_\Phi = E_{ФД} / (z_{ФД} + z_{ФП} + z_\Pi). \quad (13.3)$$

Считая, что фазы обмоток синхронизации датчика и приемника имеют одинаковые сопротивления и включают в себя каждая по половине сопротивления линии, т.е. $Z_{ФД} + Z_\Pi / 2 = Z_{ФП} + Z_\Pi / 2 = Z_\Phi$, получим

$$I_\Phi = E_{ФД} / (2Z_\Phi). \quad (13.4)$$

Подставив в выражение (13.3) значения ЭДС соответствующих фаз из формулы (13.2), можно найти токи I_A , I_B , I_C . Эти токи, протекая по фазам обмотки синхронизации приемника, создают пульсирующие магнитные потоки $\Phi_{АП}$, $\Phi_{ВП}$, $\Phi_{СП}$, пропорциональные магнитодвижущим силам фаз $F_{АФ}$, $F_{ВФ}$, $F_{СФ}$ и направленные по их осям.

В двухполюсном сельсине магнитодвижущая сила (МДС) фазы (амплитуда ее первой гармоники) может быть найдена по формуле

$$F_\Phi = 1.8 I_\Phi k_w w, \quad (13.5)$$

где w – число витков в обмотке фазы; k_w – коэффициент, зависящий от конструкции обмотки.

МДС фаз легко определить, подставив в последнее равенство токи I_A , I_B , I_C из формулы (13.3) с учетом формулы (13.2).

Потоки фаз приемника $\Phi_{АП}$, $\Phi_{ВФ}$, $\Phi_{СП}$ складываясь, образуют результирующий магнитный поток Φ_n обмотки синхронизации приемника, направленный под некоторым (зависящим от угла рассогласования) углом κ выходной однофазной обмотке приемника (ОВП).

Поток Φ_n , пульсируя с частотой сети, наводит в выходной однофазной обмотке приемника ЭДС, являющееся выходным напряжением приемника $U_{Вых}$.

Согласованным положением сельсинов в трансформаторной системе синхронной связи называется такое положение роторов, при котором выходное напряжение приемника $U_{Вых}$ равно нулю. В отличие от согласованного положения сельсинов в индикаторной системе в этом случае поворот ротора сельсина-приемника составляет 90° . Вследствие этого за начало отсчета углов в сельсине-приемнике принимается точка на оси, перпендикулярной оси однофазной выходной обмотки (см. рис. 13.4).

Сельсин-приемник в трансформаторной системе синхронной связи самостоятельно не обрабатывает заданный датчиком угол α_d , а лишь вырабатывает ЭДС выходной обмотки, изменяющуюся по 1 закону синуса в зависимости от угла рассогласования θ . Отработка заданного датчиком угла – поворот ротора сельсина-приемника на угол $\alpha_{П1} = \alpha_d$ – осуществляется с помощью исполнительного двигателя ИД.

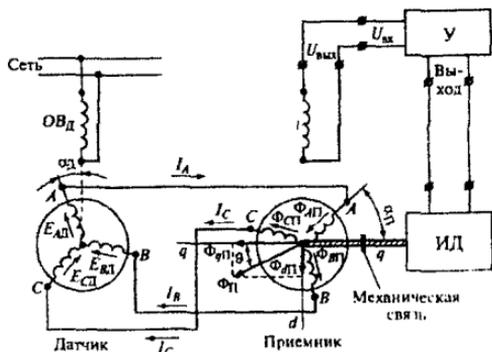


Рисунок 13.4 – Трансформаторная система синхронной связи

Принцип действия трансформаторной системы синхронной связи (см. рис. 13.4) состоит в следующем. При выводе ротора сельсина-датчика из согласованного положения (повороте на некоторый угол $\alpha_d = \theta$) на выходной обмотке сельсина-приемника появляется напряжение $U_{\text{вых}}$. Это напряжение подается на вход усилителя, а затем на обмотку управления исполнительного двигателя.

Ротор двигателя начинает вращаться, поворачивая при этом ротор сельсина-приемника, с которым он механически связан. Вместе с ротором приемника поворачивается в пространстве и его магнитный поток $\Phi_{\text{п}}$, при этом изменяются потокоцепление с выходной обмоткой и ее ЭДС (выходное напряжение $U_{\text{вых}}$). Роторы двигателя и сельсина-приемника поворачиваются до тех пор, пока ротор сельсина-приемника не повернется на заданный датчиком угол $\alpha_{\text{п}} = \alpha_d$ и сельсины не займут согласованное положение, в котором поток $\Phi_{\text{п}}$ перпендикулярен оси выходной обмотки ОВ_п и выходное напряжение сельсина-приемника $U_{\text{вых}}$, а следовательно, и напряжение на усилителе и обмотке управления исполнительного двигателя, равны нулю.

В отличие от индикаторной системы синхронной связи по проводам линии связи трансформаторной системы всегда, даже в согласованном положении, протекают токи. Сельсины-приемники в трансформаторной системе питаются не от сети (как это имеет место в индикаторной системе), а от обмотки синхронизации датчика.

Сельсины работают всегда в паре (датчик-приемник), при этом между ними существует только электрическая связь. Эту электрическую связь между датчиком и приемником называют линией связи.

Рассмотренные режимы работы сельсинов применяются при автоматизации технологических процессов строительной индустрии (дозаторы, весовые головки), в водопроводно-канализационных сооружениях и гидрометрических системах (уровнемеры), для передачи на расстояния различных физических величин, преобразованных в линейное или угловое перемещения, как следствие системы.

13.4 Порядок выполнения работы

13.4.1 Ознакомиться с устройством и принципом работы сельсинов.

13.4.2 Подключить обмотку возбуждения сельсина-датчика к сети переменного тока напряжением 110 В и измеряя напряжения U_{12} , U_{23} , U_{31} снять кривые зависимости $U_{12} = f(\alpha)$, $U_{23} = f(\alpha)$, $U_{31} = f(\alpha)$, при повороте ротора от 0 до 180°.

Результаты измерений свести в таблицу 13.1.

Таблица 13.1

Напряжения роторных обмоток сельсина	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
U_{12} (В)							
U_{23} (В)							
U_{31} (В)							

13.4.3 Собрать схему исследования сельсинной пары в индикаторном режиме, как показано на рисунке 13.5, и снять зависимость угла поворота ротора сельсина-приёмника от угла поворота ротора сельсина-датчика $\beta = f(\alpha)$.

Результаты измерений свести в таблицу 13.2.

Таблица 13.2

Положение ротора сельсина-датчика	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
Положение ротора сельсина-приемника							
Погрешность абс.							

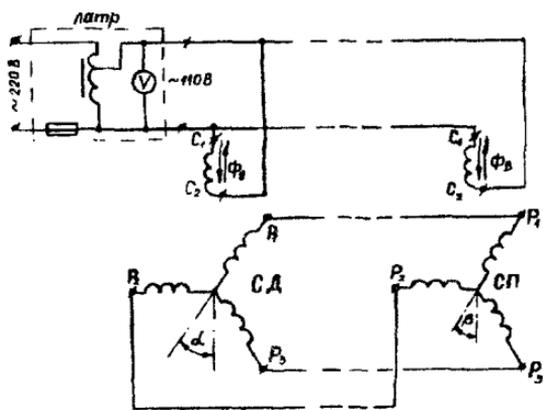


Рисунок 13.5

По результатам измерений определить класс точности исследуемых сельсинов.

13.4.4 Собрать схему исследования сельсинов в трансформаторном режиме, как показано на рисунке 13.6, и снять зависимость напряжения сельсина-приемника от угла рассогласования $U_{\text{Вых}} = f(\theta)$ при заторможенном роторе, сельсина-приемника. Напряжение питания в процессе опыта поддерживать постоянным с помощью ЛАТРа.

Результаты измерений свести в таблицу 13.3.

Таблица 13.3.

Угол рассогласования	$\theta', (^{\circ})$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
Напряжение сельсина-приемника	$U_{\text{Вых}} (\text{В})$							

13.5 Содержание отчета

13.5.1 Наименование и цель работы.

13.5.2 Краткое описание принципа работы сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.

13.5.3 Схемы исследования сельсинов, таблицы измеренных и вычисленных величин, графики зависимостей $U_{12} = f(\alpha)$, $U_{23} = f(\alpha)$, $U_{31} = f(\alpha)$, $\beta = f(\alpha)$, $U_{\text{Вых}} = f(\theta')$.

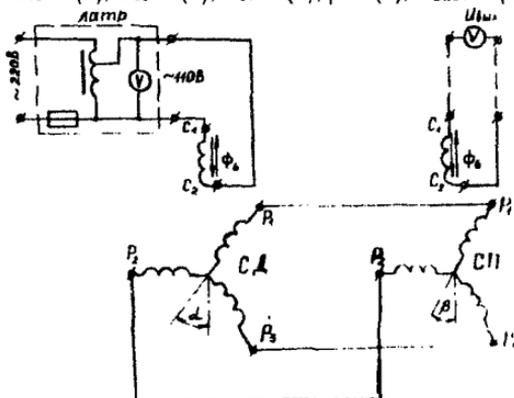


Рисунок 13.6

Лабораторная работа 14

Исследование нормирующего преобразователя «Термо-ЭДС – аналоговый токовый выход»

Цель работы

- Изучить принцип работы нормирующего преобразователя «Термо-ЭДС – аналоговый токовый выход».
- Снять статическую характеристику преобразователя $I = f(T^\circ)$.

14.1 Термоэлектрические термометры – термопары

В термоэлектрических термометрах для измерения температуры используется открытое в 1821 г. Зеебеком явление термоэлектричества (эффект Зеебека). Если два проводника из разных металлических материалов А и В соединены концами в замкнутый контур, как показано на рисунке 14.1 а, и места соединений находятся при разных температурах T_2 и T_1 , то в контуре возникает электрический ток. Оба электропроводника, называемые термоэлектродами, образуют термопару.

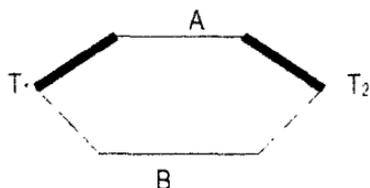


Рисунок 14.1

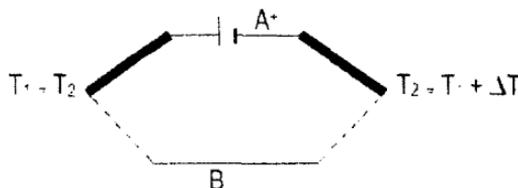


Рисунок 14.2

Одно из мест соединения, посещаемое в среду с измеряемой температурой, является рабочим концом термопары, второе, находящееся при постоянной температуре, является свободным концом термопары.

Если в контуре, составленном из термоэлектродов А и В, показанном на рисунке 14.2, течет ток, то, при переходе электронов из одного термоэлектрода в другой, они должны или затрачивать или приобретать энергию. При этом кинетическая энергия электронов увеличивается или уменьшается, а место контакта нагревается или охлаждается. Тепловые потоки, возникающие в обоих местах контактирования термоэлектродов А и В, изменяются пропорционально току I .

Тепловой поток равен

$$\Phi = R \cdot I, \quad (14.1)$$

где R – коэффициент Пельтье, зависящий от материала обоих термоэлектродов и температуры. R имеет размерность $\text{Вт/А} = \text{В}$.

T_1 и T_2 мест контактирования.

Тепловой поток также пропорционален току I и градиенту температур ΔT в обоих термоэлектродов и равен

$$\Phi_T = \sigma I \cdot \Delta T, \quad (14.2)$$

где σ – коэффициент Томпсона, зависящий от материала электродов и от температуры T и имеющий размерность $\text{Вт/А} = \text{В/К}$ (2).

Если рабочий конец термопары находится при температуре $T+\Delta T$, а свободный – при T , то ЭДС

$$E = dE/\Delta T. \quad (14.3)$$

Она равна сумме эффектов Пельтье и Томпсона, т.е.

$$E = dE/\Delta T = P_{(T+\Delta T)} - P_{(T)} + \sigma_A \cdot \Delta T + \sigma_B \cdot \Delta T. \quad (14.4)$$

Из уравнения (14.4) после некоторых преобразований можно получить зависимость температур – термо-ЭДС.

$$E = aT + bT^2, \quad (14.5)$$

т.е. зависимость нелинейная.

В некоторых случаях возникает необходимость измерения разности температур в двух потоках. Для этого располагают рабочий спай термометра в одной из точек, а свободные концы – в другой точке (см. рис. 14.3). В этом случае термо-ЭДС развиваемая термометром будет определяться температурами рабочего спая T_1 и свободных концов T_2 , т.е.

$$E(T_1, T_2) = e(T_1) - e(T_2). \quad (14.6)$$

Если в интервале температур $T_1 - T_2$ зависимость термо-ЭДС от температуры может быть аппроксимирована линейной зависимостью, то уравнение (6) примет вид

$$E(T_1, T_2) = k(T_1 - T_2). \quad (14.7)$$

Такая линейная аппроксимация обычно справедлива для любой температуры при разности температур, не превышающей $20\div 25^\circ\text{C}$.

Для удобства измерений температуры с помощью термопар желательно, чтобы термо-ЭДС была достаточно большой и чтобы электросопротивление термопары было не слишком высоким. В этом случае можно измерять температуры без особых дополнительных устройств, таких как усилитель, а также на достаточно большом расстоянии между термопарой и измерительным прибором. Кроме того, характеристика термопары должна быть линейной, а диапазон применения термопары возможно более широким.

Материалы для термопар должны иметь возможно более высокую точку плавления. Термоэлектроды должны обладать достаточной каррозионной стойкостью и быть устойчивыми против окислительного и восстановительного действия среды.

14.2 Требования к термопарам

Термопары как измерительные преобразователи должны обладать:

- стабильностью временных и температурных термоэлектрических характеристик, обеспечивающих точность и надежность результатов измерения;
- чувствительность, которая характеризуется величиной отношения приращения термо-ЭДС ΔE к соответствующему повышению температуры ΔT , т.е.

$$S = \Delta E/\Delta T \text{ [mB/град]}; \quad (14.8)$$

- линейную зависимость термо-ЭДС от температуры, что облегчает процесс градуировки термопары и шкалы вторичных приборов;
- устойчивость к воздействию температур;
- механической прочностью термоэлектродов;
- термоэлектрической однородностью каждого из термоэлектродов, что обеспечивает независимость термо-ЭДС термопары от распределения температуры по длине ее термоэлектродов.

Низкие температуры вплоть до точки кипения водорода с успехом измеряют медь-константановые термопары. Зависимость термо-ЭДС от температуры для них установлена в пределах от -200 до $+300^{\circ}\text{C}$. Эту зависимость можно представить как в аналитическом виде, так и в виде градуировочных таблиц.

В данном диапазоне температур может служить формула, обеспечивающая точность градуировки термопары ± 2 мкВ.

$$E = AT + BT^2 + CT^3, \quad (14.9)$$

где E – термо-ЭДС термопары; T – температура рабочего спая; A, B, C – постоянные, определяемые эталонированием в трех точках в измеряемом диапазоне температур.

14.3 Функциональная схема нормирующего преобразователя «Термо-ЭДС – аналоговый токовый выход»

Схема преобразователя термо-ЭДС в нормированный токовый выход приведена на рисунке 14.3.

Функциональная схема преобразователя приведена на рисунке. Выходной сигнал термопары поступает на низкочастотный фильтр 1, в котором происходит подавление электромагнитных помех, проникающих в измерительную цепь.

Далее измерительный сигнал, величина которого составляет единицы милливольт, поступает на вход усилителя 2, в котором происходит усиление сигнала до величины, обеспечивающей нормальную работу дальнейших каскадов преобразователя, коэффициент усиления данного усилителя выбирается из условия обеспечения необходимого диапазона измерений температуры в пределах линейного участка усилителя.

Усиленный сигнал поступает на преобразователь напряжения в токовый сигнал 3, в котором происходит линейное преобразование изменения напряжения в изменение тока.

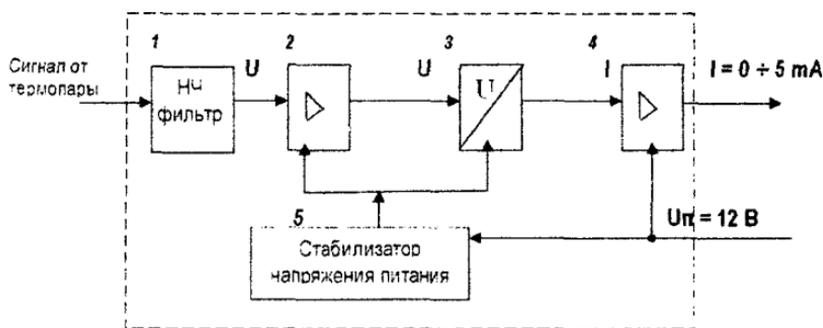


Рисунок 14.3 – Функциональная схема нормирующего преобразователя

Токовый сигнал поступает на выходной усилитель тока 4, в котором происходит усиление до величины, определяемой типом нормирующего преобразователя. В нашем случае величина тока, соответствующая минимальной температуре, равна 0 мА, и величина тока, соответствующая максимальной температуре, равна 5 мА.

Усилитель 2 и преобразователь напряжения в токовый сигнал 3 питаются от стабилизированного источника напряжения 5 для обеспечения стабильности характеристик устройства в широком диапазоне питающих напряжений $12...24$ В постоянного тока.

14.4 Порядок выполнения работы:

14.4.1 Подготовить таблицу для записи результатов измерений.

14.4.2 Собрать схему лабораторной установки в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 14.4.

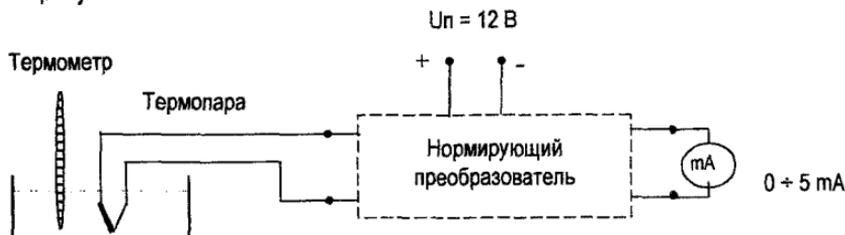


Рисунок 14.4 – Схема лабораторной установки

14.4.3 Поместить датчик температуры в термостат.

14.4.4 Включить источник питания $U_n = 12\text{ В}$.

14.4.5 Изменение температуры среды в термостате контролировать по показаниям термометра.

14.4.6 Результаты измерений $I = f(T)$ свести в таблицу.

14.5 Содержание отчета

14.5.1 Название и цель работы.

14.5.2 Краткое описание работы нормирующего преобразователя.

14.5.3 Схема лабораторной установки.

14.5.4 Результаты измерений, сведенные в таблицу.

14.5.5 Графики зависимостей $I = f(T)$, $I = f(E)$.

14.5.6 Достоинства нормирующих преобразователей.

14.5.7 Перечень приборов, использованных при выполнении лабораторной работы.

14.5.8 Выводы.

Лабораторная работа 15

Изучение преобразователя давления в унифицированный токовый сигнал АИР-20

Цель работы

- Изучить принцип действия и устройство преобразователей давления типа АИР-20.
- Изучить градуировку шкалы вторичного прибора по входному сигналу.

15.1 Назначение преобразователей

Преобразователи давления типа АИР-20 предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – давления избыточного, абсолютного, гидростатического, разрежения, разности давлений нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал дистанционной передачи (4-20 мА).

Преобразователи относятся к изделиям ГСП и предназначены для работы со вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления, работающими от стандартного входного сигнала 4...20 мА постоянного тока.

АИР-20 являются:

- по числу преобразуемых входных и выходных сигналов – одноканальными;
- по зависимости выходного сигнала от входного – с линейной зависимостью;
- в зависимости от возможности перестройки диапазона измерения – многопредельными, перенастраиваемыми.

АИР-20 могут подключаться к компьютеру посредством Интерфейса RS 232 для калибровки и конфигурирования. Конфигурирование АИР-20 включает в себя изменение диапазонов измерения, выбор зависимости выходного сигнала от входного (возрастающей с выходными унифицированными сигналами 4-20, 0-5 мА или убывающей с выходными унифицированными сигналами 20-4, 5-0 мА) и установку числа усреднений (времени демпфирования).

15.2 Технические характеристики

Диапазон унифицированного выходного сигнала 4-20 или 20-4 мА.

В АИР-20 предусмотрена защита от обратной полярности питающего напряжения.

АИР-20 по защищенности от воздействия окружающей среды:

- выполнены в коррозионно-стойком исполнении Т III;
- имеют степень защиты от попадания внутрь преобразователей пыли и воды (исполнение IP 54).

АИР-20 имеет линейную характеристику выходного сигнала.

Номинальная статическая характеристика преобразователя АИР-20 соответствует следующему виду

$$I = \frac{(P - P_H)}{(P_B - P_H)} \cdot (I_B - I_H) + I_H, \quad (15.1)$$

где I – текущее значение выходного сигнала, соответствующее измеряемому давлению, мА;

I_B, I_H – верхнее и нижнее предельные значения выходного сигнала, мА;

P_B и P_H – верхний и нижний пределы измерений давления кГс/м²;

P – значение измеряемого давления в тех же единицах, что P_B и P_H .

Для АИР-20 с унифицированным сигналом постоянного тока 4-20 и 20-4 мА при напряжении питания в диапазоне от 12 до 36 В максимальное нагрузочное сопротивление R_{MAX} , кОм, вычисляется по формуле

$$R_{MAX} = \frac{U - U_{MIN}}{I_{MAX}}, \quad (15.2)$$

где U – напряжение питания, В; $U_{min} = 12$ В; $I_{max} = 20$ мА.

15.3 Устройство и работа

АИР-20 состоит из тензопреобразователя и электронного устройства. Среда под давлением подается в камеру тензопреобразователя и деформирует его мембрану, что приводит к изменению электрического сопротивления расположенных на ней тензорези-

сторов. Электронное устройство преобразует величину изменения сопротивления тензорезисторов в унифицированный токовый выходной сигнал.

В состав электронного устройства входят два модуля:

- системный модуль со стабилизатором напряжения, прецизионным источником опорного напряжения (ИОН), шестнадцатиразрядным АЦП, микроконтроллером управления, оснащенный интерфейсом RS 232, перепрограммируемым постоянным запоминающим устройством (ППЗУ), преобразователем ШИМ-сигнала контроллера в выходной ток 4-20 мА;

- интерфейсный модуль с оптоэлектронной развязкой канала RS 232, интерфейсным разъемом и блоком переключателей для задания конфигурации преобразователя АИР-20. Функциональная схема преобразователя АИР-20 приведена на рисунке 15.1.

Стабилизатор напряжения совместно с прецизионным ИОН обеспечивает питание электронной схемы прибора от линии токовой петли 4-20 мА напряжениями +5В и +3,7В.

АЦП преобразует аналоговый сигнал тензодатчика в код, поступающий в микроконтроллер управления.

Микроконтроллер совместно с ППЗУ осуществляет преобразование кода АЦП в ШИМ-сигнал, в ASCII-код для передачи последнего по интерфейсу RS232, формирует алгоритм работы всех узлов прибора.

Преобразователь ШИМ-сигнала формирует из последнего аналоговый сигнал для управления транзисторным источником тока, формирующего выходной сигнал в диапазоне от 3,5 до 22,5 мА. Под крышкой преобразователя расположены, как показано на рисунке 15.2: кнопка подстройки «нуля» (1) – «CLB», пять переключателей (2) – для задания конфигурации, разъем – для подключения к компьютерному интерфейсу RS 232 (3), двух контактная клеммная колодка (4) – для подсоединения линии токовой петли 4-20 мА, разъем 2РМГ-14 (5) – для подключения преобразователя к блоку питания.

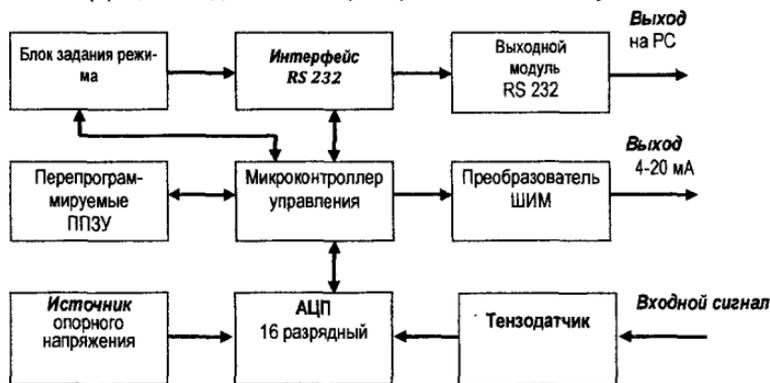


Рисунок 15.1

Полярность подключения напряжения питания к клеммной колодке обозначена символами «+» и «-» на верхней плате.

Полярность подключения напряжения питания к внешнему разъему 2РМГ-14 следующая: контакт 1 разъема – «минус» блока питания, контакт 2 – «плюс» блока питания, контакты 3 и 4 не задействованы как, показано на рисунке 15.3.

Внешний разъем 2РМГ-14

Преобразователи давления измерительные АИР-20.
Вид сверху со снятой крышечкой

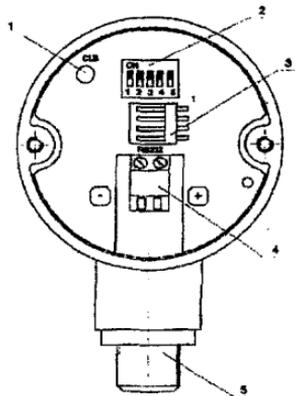


Рисунок 15.2

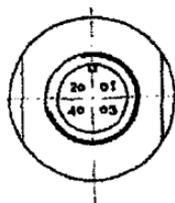


Рисунок 15.3

15.4 Экспериментальная часть

15.4.1 Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 15.4. На схеме обозначены:

ИП – измерительный прибор,

ПР – преобразователь «АИР-20»,

G – источник питания постоянного тока $U_{ном.} = 24 В$,

P – регулятор давления воздуха,

PI – манометр, $P = 0 \pm 3,0 \text{ кг/см}^2$,

R_H – сопротивление нагрузки.

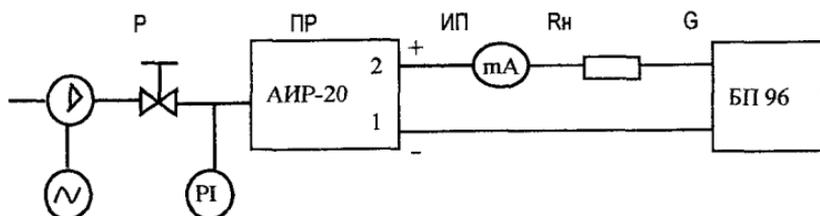


Рисунок 15.4

Воздух под давлением $2,5 \text{ кг/см}^2$ от компрессора подается на регулятор P, с помощью которого можно регулировать подаваемое на преобразователь давление в пределах от 0 до $2,5 \text{ кг/см}^2$.

Величина подаваемого давления измеряется манометром PI. Преобразователь преобразует величину подаваемого давления в унифицированный токовый сигнал ($0 \dots 5 \text{ мА}$), который воспринимается миллиамперметром.

15.4.2 Опробование

15.4.2.1 Определить величину нагрузочного сопротивления R_H max, пользуясь выражением (2), при этом величина R_H , установленная на стенде, не должна превышать 500 Ом .

15.4.2.2 Подключить АИР-20 к источнику питания и измерительному прибору в соответствии с рисунком 14.5.

15.4.2.3 Прогреть АИР-20 не менее 5 мин.

15.4.2.4 Работоспособность АИР-20 проверить, изменяя измеряемое давление от 0 до 2,5 кг/см². При этом должно наблюдаться изменение выходного сигнала, по измерительному прибору ИП.

15.4.2.5 Проверить и при необходимости произвести подстройку «нуля», для чего:

- подать на вход нулевое избыточное давление;
- если в этом случае показание измерительного прибора не равно 0, то необходимо на 1-2 сек нажать кнопку «CLB» (см. рис15..2, поз.1).

15.5 Градуировки шкалы вторичного прибора

Одной из целей лабораторной работы является градуировка шкалы вторичного прибора (миллиамперметра) по входному сигналу. Для преобразователя входным сигналом является давление, выходным – токовый сигнал.

Таким образом, целью работы является градуировка шкалы миллиамперметра в единицах давления с помощью преобразователя давления АИР-20. Для этого достаточно определить величины подаваемого на преобразователь давления, соответствующие каждой из отметок шкалы миллиамперметра (т.е. при 4, 5, 6, 718, 19, 20 мА). Опытные данные снимаются при прямом и обратном ходе и результаты записываются в таблицу-протокол, приведенную в таблице 15.1.

15.6 Порядок выполнения работы

15.6.1. Подготовить таблицу-протокол (см. табл. 15.1).

15.6.2 Подать давление на установку.

15.6.3 С помощью регулятора Р добиться совпадения стрелки милливольтметра с первой отметкой шкалы.

15.6.4 Записать в таблицу-протокол показания манометра.

15.6.5 Повторить действия 15.6.3 и 15.6.4 для остальных отметок шкалы.

15.6.6 Аналогично снять данные при обратном ходе.

15.7 Обработка результатов

Вариация определяется как разность показаний при прямом и обратном ходе:

$$V_i = P_{пр.i} - P_{обр.i}.$$

Вычисление диапазона измерений: $N = P_{max} - P_{min}$.

Приведенная вариация определяется как отношение максимальной вариации к диапазону измерений и выражается в процентах:

$$e_{max} = V_{max} / N * 100 \%$$

На основании данных таблицы 15.1 строится график в координатах "ток - давление".

Таблица 15.1 – Таблица-протокол

Показания миллиамперметра, мА	Показания манометра, кг/см ²		Вариация, кг/см ²
	прямой ход	обратный ход	
ИЗМЕРЕНО			ВЫЧИСЛЕНО

15.8 Содержание отчета

- 15.8.1 Цель работы.
- 15.8.2 Схема лабораторной установки.
- 15.8.3 Технические характеристики приборов, используемых в работе.
- 15.9.4 Таблица-протокол.
- 15.9.5 Расчет погрешностей и график.
- 15.9.6 Разновидности преобразователей давления.
- 15.9.7 Примеры применения преобразователей давления при автоматизации технологических процессов.

Лабораторная работа 16

Исследование полупроводникового тензометрического датчика (гедистора)

Цель работы

- Изучить устройство и принцип действия гедистора.
- Определить экспериментально зависимость напряжения нагрузки от изменения сопротивления датчика.
- Построить статическую характеристику.

16.1 Назначение и области применения гедисторов

Гедисторы используются вместо проволочных фольговых (металлических) тензодатчиков для диапазона частот, расположенного выше диапазона применяемых в настоящее время датчиков механических параметров, где чувствительность становится недостаточной.

Гедисторы изготавливаются из германиевой дендритной ленты, получаемой методом дендритной кристаллизации из переохлажденного расплава германия.

Гедисторы предназначены для наклеивания на упругие элементы датчиков механических параметров машин (акселерометров, датчиков перемещений, крутящих моментов и т. п.), работающих в динамическом режиме. Применение гедисторов позволяет повысить чувствительность и собственную частоту датчиков механических параметров, а также понизить порог чувствительности тензометрических устройств, что представляет интерес для измерений на деталях с большими модулями Юнга.

Для работы с гедисторами используется также измерительная аппаратура, которая обычно применяется для работы с проволочными тензодатчиками.

В тех случаях, когда напряжение тензоусилителя превышает допустимое напряжение для данных гедисторов, необходимо сделать несколько ступеней напряжения питания: 2 вольта; 4 вольта; 6 вольт или использовать гальванометр с чувствительностью 10-9.

16.2 Особенности применения

Измерения с помощью гедисторов принципиально не отличаются от измерений с помощью широко распространенных металлических тензисторов, однако имеют некоторые особенности:

1. Предельно допустимая эксплуатационная температура $45 \pm 50^\circ\text{C}$, ибо выше нее гедисторы р-типа теряют тензочувствительность, поэтому тарировка датчика параметра должна проводиться при эксплуатационных температурах.

2. Предельно допустимая деформация составляет $\pm 0,05\%$, т. к. их деформация разрушения равна примерно $\pm 0,1\%$.

3. Сопротивление гедисторов в значительной мере зависит от окружающей температуры, поэтому необходимо включать в мост либо 2, либо 4 одинаковых гедистора при одинаковой температуре и одинаковых условиях теплоотвода. На гедисторы влияет также нагрев током питания, поэтому перед началом измерений в новых условиях необходимо провести определение допустимого напряжения, как это описано в настоящей инструкции. Признаком слишком большого напряжения питания служит заметная на глаз нестабильность балансировки датчика параметра при заведомо равных (согласно допускам) сопротивлениях гедисторов.

4. Если в датчике использованы гедисторы с различными абсолютными значениями коэффициентов тензочувствительности, то это может привести к тому, что приращения сопротивлений от неизменяемых параметров не будут компенсироваться, и датчик будет реагировать на неизмеряемые механические параметры, т.е. на механические помехи. Например, динамометр может реагировать на поперечные силы, угловой акселерометр с чувствительным элементом в виде стержня – на изгибные колебания и т.д. Этого, не произойдет, если механическая помеха будет вызывать только пренебрежимо малые деформации.

Гедисторы предназначены для работы со стандартными усилителями и измерительными приборами. Необходимо использовать гедисторы с сопротивлениями, которые близки к верхней границе диапазона сопротивлений, рекомендованного для данного усилителя. В случае наклеивания гедисторов на низко теплопроводные детали (керамика) может оказаться, что даже при максимальных сопротивлениях гедисторов напряжение питания усилителя превышает допустимое. В этом случае ток питания гедисторов необходимо понизить. Для этого можно рекомендовать 3 пути:

1 путь. Уменьшить напряжение питания моста.

2 путь. Последовательно с гедисторами в каждое из плеч включить равные дополнительные сопротивления.

3 путь. Параллельно гедистору в каждом плече включить равные сопротивления. В этом случае необходимо следить, чтобы ток питания моста не превысил предельного значения.

Примечание. Любой путь ведет к пропорциональному уменьшению чувствительности датчика параметра.

16.3 Включение гедистора в измерительную схему

Пары гедисторов всегда включаются в смежные плечи моста. Полупроводниковые тензодатчики, особенно гедисторы, значительно чувствительнее проволочных к изменениям температуры, особенно за счет нагрева током питания. Температурная нестабильность сигнала в измерительной диагонали моста усиливается такими факторами: различное значение температурного коэффициента сопротивления гедисторов, различные условия их охлаждения, особенно за счет неодинаковой толщины слоя клея под гедисторами и т.п. Отсюда следует, что нельзя заранее указать наибольшее допустимое значение напряжения питания моста.

Поэтому для каждой пары гедисторов необходимо определить максимально допустимое напряжение питания. Для этого пару гедисторов подсоединяют к мосту, принципи-

альная схема которого показана на рисунке 16.1, и снимают зависимость сигнала в диагонали моста от напряжения питания, которая показана на рисунке 16.2, при постоянной (чаще всего нулевой) деформации гедисторов. Небольшой первоначальный разбаланс моста всегда есть, т. к. гедисторы имеют некоторую разницу в сопротивлении.

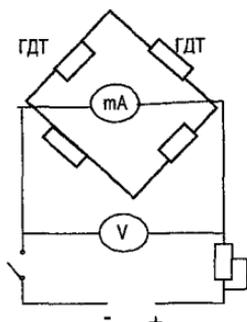


Рисунок 16.1 – Принципиальная схема для определения допустимого напряжения питания

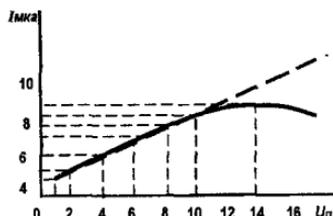


Рисунок 16.2 – Зависимость сигнала в диагонали моста от напряжения питания

При небольших напряжениях питания зависимость сигнал – U_n линейна, а затем она отклоняется от линейности. Это отклонение свидетельствует, что при таких напряжениях нагрев гедисторов током питания проявляется в изменении их сопротивления.

В данной лабораторной работе исследуется схема, показанная на рисунке 16.3 с питанием моста постоянным током и применением электронного вольтметра В2-37.

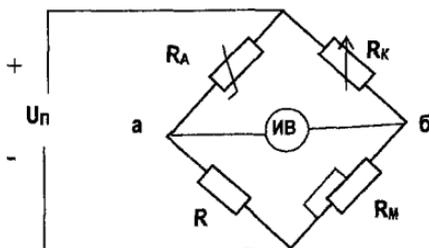


Рисунок 16.3 – Схема для исследования тензоеггерического датчика

16.4 Порядок выполнения работы

16.4.1 Изучить устройство и принцип действия гедистора.

16.4.2 Снять зависимость выходного сигнала I в измерительной диагонали мостовой схемы от величины напряжения питания U_n .

16.4.3 По результатам измерений построить характеристику $I = f(U_n)$ и определить допустимое напряжение питания $U_{n, доп}$, необходимое для подключения к мостовой схеме.

16.4.4 Подать на установку напряжение питания $U_n \leq U_{n, доп}$, при необходимости уравновесить измерительную схему и записать параметры уравновешенной схемы в табл. 16.1.

Таблица 16.1 – Параметры схемы

$U_n, В$	$R_A, Ом$	$R_K, Ом$	$R_M, Ом$	$R, Ом$

16.4.5 Увеличивая прогиб балки H – отсчитывать величину напряжения U_n , снимаемого с измерительной диагонали мостовой измерительной схемы. Данные записать в таблицу 16.2.

Таблица 16.2 – Расчетные и экспериментальные данные

$H_{\text{проб}}, \text{мм}$	$U_{\text{аб}}, \text{мВ}$	$\Delta R, \text{Ом}$	$\Delta l, \text{мм}$	$S_R = \frac{\Delta R}{R}$	$S_l = \frac{\Delta l}{l}$

16.5 Содержание отчета

16.5.1 Название и цель работы

16.5.2 Схема лабораторной установки.

16.5.3 Технические характеристики применяемых приборов.

16.5.4 Графики зависимостей:

$$U_n = U_{\text{аб}} = f(\Delta R); \quad U_n = f(\Delta l).$$

16.5.5 Вычисленные значения чувствительности измерительной схемы (чувствительность может быть вычислена по характеристике как тангенс угла наклона между касательной к кривой $U_n = f(\Delta R)$ и осью ΔR).

16.5.6 Примеры применения полупроводниковых тензодатчиков.

Лабораторная работа 17

Исследование индуктивного и трансформаторного измерительных преобразователей

Цель работы

- Изучить конструкции и принцип действия индуктивных и трансформаторных измерительных преобразователей перемещений соленоидного типа.
- Исследовать свойства индуктивного и трансформаторного измерительных преобразователей в основных измерительных схемах.

17.1 Общие сведения

Преобразование перемещения или давления в изменение индуктивности или взаимной индуктивности может осуществляться с помощью индуктивных или трансформаторных измерительных преобразователей, конструкции которых весьма разнообразны. Так, при измерении малых перемещений (0,01 ÷ 1,0 мм) обычно применяются измерительные преобразователи с замкнутым магнитопроводом и переменным воздушным зазором; при измерении больших перемещений (1,0 ÷ 10 мм) – измерительные преобразователи с подвижным сердечником.

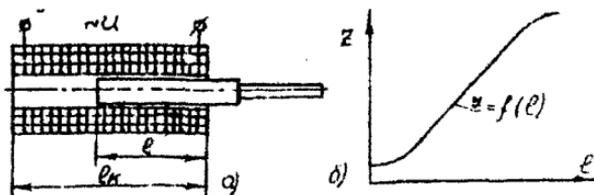
Простейший индуктивный измерительный преобразователь соленоидного типа состоит из катушки, включенной в цепь переменного тока и ферромагнитного сердечника, перемещающегося внутри катушки, как показано на рисунке 17.1 а.

При перемещении сердечника меняются индуктивность катушки, а следовательно, и ее полное сопротивление, т.е.

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}, \quad (17.1)$$

где R – активное сопротивление катушки;

L – индуктивность катушки.



а – схема индуктивного измерительного преобразователя соленоидного типа, б – его статическая характеристика

Рисунок 17.1

$$L = \mu \frac{W^2 S l}{l_k}, \quad (17.2)$$

где W – число витков катушки; l – величина вхождения сердечника; l_k – длина катушки; S – поперечное сечение катушки; μ – магнитная проницаемость материала сердечника.

При неизменном напряжении питания перемещение сердечника l , являющееся входной величиной, функционально связано с выходной величиной Z – полным сопротивлением катушки, т.е. $Z = f(l)$.

Зависимость $Z = f(l)$, называемая статической характеристикой, приведена на рисунке 17.1 б. Линейность характеристики нарушается, когда активное сопротивление измерительного преобразователя становится соизмеримым с индуктивным сопротивлением, а также в зоне насыщения.

Недостатком простейшего измерительного преобразователя является сильное влияние на выходную величину таких факторов, как колебание величины питающего напряжения и его частоты, а также изменение температуры окружающей среды.

Для устранения указанных недостатков на практике обычно применяют дифференциальные измерительные преобразователи, включаемые в мостовую или дифференциальную измерительные схемы. Устройство такого преобразователя показано на рисунке 17.2 а. Он содержит две одинаковые катушки и один сплошной или составной сердечник.

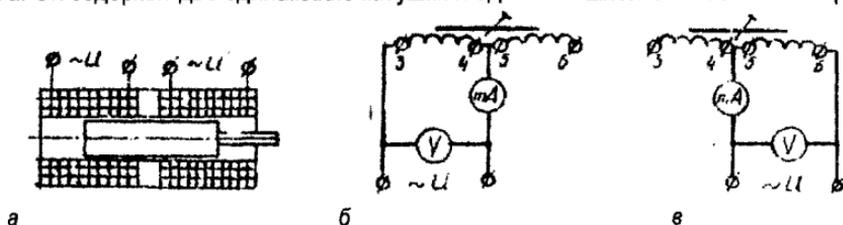


Рисунок 17.2

При перемещении сердечника индуктивное X_L и полное Z сопротивления одной катушки (в которую входит сердечник) увеличивается на ΔZ , а в другой – уменьшается на ΔZ , что подтверждается экспериментальными исследованиями дифференциального преобразователя, включенного по схемам, приведенным на рисунках 17.2 б и 17.2 в.

Если катушки дифференциального индуктивного измерительного преобразователя включить в два соседних плеча мостовой схемы, приведенной на рис. 17.3, то чувстви-

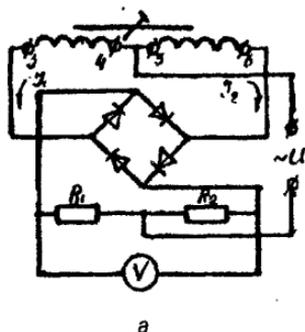
тельность преобразователя к перемещению сердечника увеличивается в два раза, а изменение температуры окружающей среды и частоты питающего напряжения будет мало сказываться на величине выходного сигнала. При изменении направления перемещения сердечника от среднего положения, база выходного сигнала будет изменяться на 180° .

При необходимости получения входного сигнала в виде постоянного тока или направления, на выходе измерительной схемы включают выпрямитель.

Если необходимо знать не только величину, но и направление перемещения сердечника, а следовательно, величину и фазу выходного сигнала, то выпрямитель должен быть фазочувствительным.

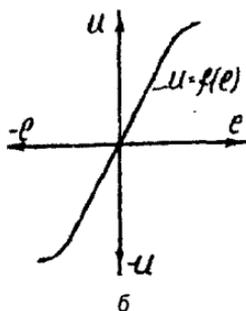
Схема включения дифференциального индуктивного измерительного преобразователя. Обеспечивающая изменение полярности выходного сигнала при соответствующем изменении направления перемещения сердечника, приведена на рисунке 17.4 а, а его статическая характеристика – на рисунке 17.4 б.

Выпрямительные контурные токи I_1 и I_2 создают на сопротивлениях R_1 и R_2 противоположно направленные падения напряжения $I_1 R_1$ и $I_2 R_2$. При условии, что $R_1 = R_2 = R$, выходное напряжение $U_{\text{вых}} = R(I_1 - I_2)$ будет иметь направление большего тока. В данном случае выходной величиной является не ток, а направление, снимаемое с диагонали кольцевой выпрямительной схемы – падение напряжения на двух сопротивлениях R_1 и R_2 .



а

Рисунок 17.4



б

Трансформаторным измерительным преобразователям в ряде случаев отдают предпочтение перед индуктивными, вследствие отсутствия непосредственной связи между цепями питающего напряжения и выходным сигналом, простоты измерительных схем и линейности значительного участка статической характеристики.

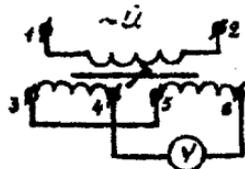


Рисунок 17.5

Трансформаторные измерительные преобразователи используются обычно в дифференциальных измерительных схемах, одна из которых приведена на рисунке 17.5. Вторичные обмотки измерительного преобразователя включены между собой встречно, и в каждой из них, при среднем положении сердечника, выводятся одинаковые ЭДС, при этом выходное напряжение

$$U_{\text{вых}} = E_{56} - E_{34} = 0. \quad (17.3)$$

Если сердечник сместить вправо от среднего положения, то в катушке 5–6 ЭДС увеличится на ΔE , а в катушке 3–4 – уменьшится на ΔE , при этом выходное напряжение будет

$$U_{\text{вых}} = E_{56} + \Delta E - (E_{34} - \Delta E) = 2 \Delta E. \quad (17.4)$$

При изменении направления перемещения сердечника влево от середины, изменится фаза выходного напряжения на 180° . Подключив фазочувствительный выпрямитель к выходу дифференциальной измерительной схемы, можно зафиксировать изменение выходного сигнала.

Индуктивные и трансформаторные измерительные преобразователи просты по устройству, надежны, не имеют скользящих контактов, обладают относительно большой величиной отдаваемой электрической мощности и могут работать от сети переменного тока частотой 50 Гц. Недостатком индуктивных и трансформаторных измерительных преобразователей является значительная зависимость результатов от частоты тока питающей сети. Они работают на частотах до 3000–5000 Гц.

Индуктивные и трансформаторные измерительные преобразователи получили широкое применение при автоматизации технологических процессов, связанных с изменением и регулированием давления и расхода различных жидкостей и газов, в контрольно-измерительных приборах в сочетании с первичными измерительными преобразователями, работающими по принципу механических перемещений (электрические манометры, динамометры, тензометры и др.), как бесконтактные конечные выключатели различных устройств автоматики.

17.2 Описание лабораторной установки

На стенде смонтированы трансформаторный дифференциальный измерительный преобразователь соленоидного типа с подвижным сердечником, двухполупериодный фазочувствительный выпрямитель и два равных по величине сопротивления R_1 и R_2 . Схемы выполненных соединений обозначены на стенде. Питание измерительного преобразователя производится от источника переменного тока частотой 50 Гц.

17.3 Порядок выполнения работы

17.3.1 Ознакомиться с устройством и принципом работы индуктивного и трансформаторного измерительных преобразователей.

17.3.2 Собрать потенциометрическую измерительную схему исследования индуктивного измерительного преобразователя по рисунку 17.2 б и рисунку 17.7 в.

Снять статическую характеристику $Z = f(I)$ и убедиться в увеличении сопротивления катушки при выдвижении сердечника и его уменьшении – при выдвигании сердечника.

17.3.3 Снять статические характеристики:

а) при включении дифференциального индуктивного измерительного преобразователя в мостовую схему с выходным сигналом в виде переменного напряжения (см. рис. 17.3);

б) при включении дифференциального индуктивного измерительного преобразователя в мостовую измерительную схему с фазочувствительным напряжением (см. рис. 17.4 а);

в) при включении трансформаторного измерительного преобразователя в дифференциальную схему (см. рис. 17.5).

Результаты измерений и вычислений свести в таблицу 17.1.

Таблица 17.1

Вых.\E (мм) сигнал	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	Примечание	
I_{34} (mA)										вычис- ления	Потенци- метрическая измерительн ая схема
I_{56} (mA)											
Z_{34} (OM)											
Z_{56} (OM)											
$\sim U$ (B)											Мостовая измер. схема
- U (B)											
U_{34} (B)											Дифферен- циальная измер. схема
U_{56} (B)											
$U_{\text{ВЫХ}}$ (B)											

17.4 Содержание отчета

17.4.1 Название и цель работы.

17.4.2 Краткое описание принципа работы исследуемых индуктивного и трансформаторного измерительных преобразователей.

17.4.3 Схемы исследования измерительных преобразователей и таблица измеренных и вычисленных величин.

17.4.4 Статические характеристика измерительных преобразователей в исследованных схемах.

17.4.5 Применение индуктивных и трансформаторных измерительных преобразователей при автоматизации технологических процессов (пример применения пояснить рисунком).

Лабораторная работа 18

Исследование дозатора весового

Цель работы

Изучить устройство и принцип действия дозаторов различных типов:

- дозаторов порционного действия;
- дискретных дозаторов сыпучих материалов;
- дозаторов непрерывного действия.

18.1 Автоматизация процессов дозирования

Для приготовления бетонных растворов смесей и для составления стекольной шихты необходимо отмеривать (дозировать) порции твердых и жидких компонентов. Устройства, служащие для этой цели, называют дозаторами. В промышленности строительных материалов применяют дозаторы с ручным и автоматическим управлением. Автоматические дозаторы могут быть порционного и непрерывного действия. Автоматическими дозаторами порционного действия являются дозаторы типа ДИ для инертных материалов, ДЦ для цемента, ДВ для воды.

18.1.1 Автоматические дозаторы инертных материалов

Сейчас выпускают усовершенствованные системы дозаторов порционного действия. Рассмотрим схему дозатора порционного действия с фотоэлектрическим управлением,

разработанного ВНИИстройдормашем, показанного на рисунке 18.1. Под расходным бункером располагается вибропитатель, который подает инертный материал в весовой бункер. Количество подаваемого вибропитателем материала можно регулировать изменением напряжения на электромагнитах. Управляют вибропитателями посредством двух магнитных пускателей ПМ1 и ПМ2.

Автоматическое дозирование осуществляется следующим образом. Нажимают кнопку КНП, чем подают напряжение на пускатель ПМ1, который, замыкая свои контакты, подключает электромагниты вибропитателя ВП на полное напряжение сети. Вибропитатель развивает номинальную мощность, что обеспечивает максимальную скорость подачи материала. Инертный материал поступает в весовой бункер дозатора. По мере изменения массы перемещается циферблатный указатель, связанный с весовой системой. На стрелке циферблатного указателя укреплен флажок. По достижении грубого взвешивания (недовес) флажок пересекает луч света от осветительной лампы к фотосопротивлению ФС. Это вызывает резкое снижение освещенности ФС и, как следствие, увеличение его электрического сопротивления. Это приводит к зажиганию тиратрона ТТ. В анодной цепи лампы возникает ток, достаточный для срабатывания реле Р. Размыкающий контакт реле Р отключает магнитный пускатель ПМ1, а замыкающий контакт этого реле включает магнитный пускатель ПМ2.

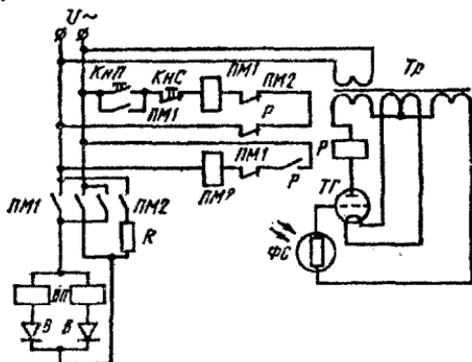


Рисунок 18.1 – Принципиальная схема дозатора порционного действия с фотоэлектрическим управлением

Как видно из схемы, при включении контактов магнитного пускателя ПМ2 последовательно с электромагнитными вибропитателями включается дополнительное сопротивление R. Вследствие этого мощность, потребляемая питателем, уменьшается, а производительность падает. С этого момента вибропитатель переводится на режим досыпки материала. Досыпка продолжается до тех пор, пока не будет достигнута установленная масса. При получении требуемой массы флажок выходит из луча света. Это вызывает резкий рост освещенности фотосопротивления, падение его электрического сопротивления, уменьшение потенциала на сетке. В результате тиратрон гаснет. При этом реле Р теряет питание и своими контактами отключает цепь магнитного пускателя ПМ2; вибропитатель останавливается. Процесс дозирования закончен.

Производительность этого дозатора до 250 т/ч, потребляемая мощность 7 кВт, время дозирования 20 с.

18.1.2 Автоматический дозатор воды

Рассмотрим принцип действия дозатора воды типа ДВ-1200, осуществляющего дозирование по массе (применяют также дозирование по объему). Кинематическая схема такого дозатора приведена на рисунке 18.2, а.

Вода поступает в дозатор 1, подвешенный к рычажной весовой системе 2. Масса воды задается гирей. Впуск воды и опорожнение дозатора происходят при помощи электропневматической системы дистанционного управления. Когда на электромагниты вентилях ЭЗГ и ЭЗТ подается напряжение, они открываются и вода поступает в дозатор; при снятии напряжения вентили закрываются. Для опорожнения дозатора следует подать напряжение на электромагнит вентиля ЭО. Сигналы на включение и выключение вентилях подаются ртутными контактами, расположенными на рычагах весовой системы или на весовых коромыслах.

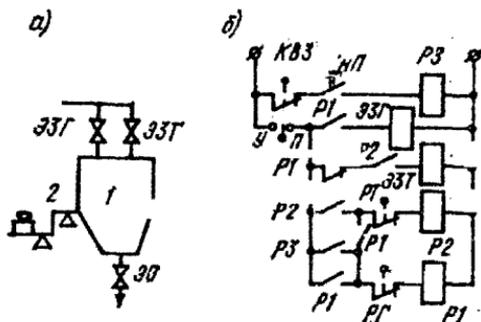


Рисунок 18.2 – Схема управления дозатором воды

Рассмотрим электрическую схему управления дозатором воды, разработанную институтом Гипростройиндустрия, приведенную на рисунке 18.2, б. Для получения необходимой дозы воды нажимают на кнопку КНП. При этом напряжение поступает на катушку реле P3. Оно своими контактами включает реле грубого взвешивания P1, которое снабжено четырьмя контактами: один – размыкающий, а остальные – замыкающие. Контакт P1 реле подает напряжение на электромагнит вентиля грубого взвешивания ЭЗГ. Вентиль открывается, и вода широкой струей поступает в дозатор. Теперь кнопку КНП можно отпустить, а питание для реле P1 будет поступать через его контакт P1. Одновременно контакт P1 подает напряжение на реле точного взвешивания P2. Реле своим контактом P2 самоблокируется, а другим контактом P2 подготавливает цепь электромагнита ЭЗТ к последующему включению (сейчас эта ветвь разомкнута контактом P1).

По достижении грубого взвешивания размыкается ртутный контакт ПГ, связанный с весовым коромыслом, реле P1 теряет питание и отключается. Своими контактами P1 оно отключает вентиль ЭЗГ, и подача воды большой струей прекращается.

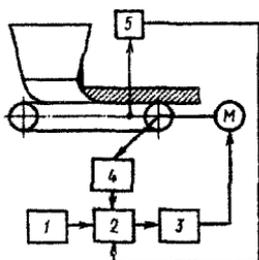
Одновременно путем замыкания контакта P1 подается напряжение на электромагнит ЭЗТ вентиля точного взвешивания, последний открывается, и вода тонкой струей поступает в дозатор. Когда масса воды достигает заданной, размыкается ртутный контакт ПТ, реле P2 отключается, размыкает свои контакты P2 в цепи электромагнита вентиля ЭЗТ, и вентиль закрывается. Поступление воды прекращается, доза готова. Теперь для опорожнения дозатора следует подать импульс на выпускной вентиль ЭО.

18.1.3 Дозаторы непрерывного и дискретного действия

Измерение расхода сыпучих материалов на предприятиях стройиндустрии производится двумя видами устройств (дозаторов) непрерывного и дискретного действия.

Дозаторы непрерывного действия представлены на рисунке 18.3 в виде конвейера с приемным бункером. Конструктивно дозатор устроен таким образом, что на датчик веса воздействует лишь материал, размещенный в активной части конвейера.

Вторым параметром, определяющим расход материала, является скорость движения конвейерной ленты. Зная вес вещества, приходящегося на единицу длины конвейерной ленты, и скорость ее движения, можно определить расход сыпучих материалов. Одной



- 1 – задающее устройство;
2 – устройство анализа текущей производительности и выработки управляющих воздействий;
3 – устройство управления скоростью электропривода конвейерных весов;
4 – датчик скорости движения конвейерной ленты;
5 – датчик насыпной массы активной части конвейера; М – электродвигатель
- Рисунок 18.3 – Структурная схема автоматизации управления дозатором непрерывного действия**

из проблем в определении расхода сыпучих материалов является низкая точность определения веса активной части конвейера и произведения этого веса на скорость движения ленты.

Для этого реализуются сложные электронные устройства, которые в настоящее время заменяются однокристальными ЭВМ.

Рассмотренная на рисунке 18.3 система позволяет стабилизировать производительность конвейерных весов на основе заданной производительности, информации о насыпной массе в активной части конвейера и скорости движения ленты. Блок управления рассчитывает текущую производительность и выдает управление на тиристорную систему регулирования скорости электропривода.

Измерение расхода сыпучих материалов в виде дискретных доз осуществляется дозаторами дискретного действия. В практике строительного производства получили наибольшее распространение дозаторы по массе с рычажной системой (рис. 18.4). Дозатор включает бункер, который подвешивается на системе рычагов, связанных с циферблатными

весами. На оси стрелки циферблатного указателя массы устанавливается датчик, сигнал которого пропорционален углу поворота стрелки.

В качестве датчиков в практике используют сельсины или потенциометры. Функционирование дозатора связано с двумя фазами – загрузки со взвешиванием материала и выгрузки. Для набора заданной дозы включается двигатель питателя и материал поступает в бункер дозатора. По мере поступления материала в бункер дозатора ось стрелки циферблатной головки поворачивается, показывая массу, угол поворота оси, воспринимается, преобразуется датчиком в электрический сигнал и поступает в систему для управления процессом набора дозы.

Если в качестве датчика массы используется сельсин, то он подключается по схеме, показанной на рисунке 18.5. Питающие напряжения U_1 , U_2 статора сельсина сдвинуты на 60° относительно друг друга. Токи, проходящие в обмотках статора i_1 , i_2 , i_3 , образуют трехфазную симметричную систему и обеспечивают появление вращающего магнитного поля, которое взаимодействует с обмоткой ротора, закрепленного на оси циферблатного

указателя массы. Сдвиг по фазе между напряжениями U_1 и U_2 пропорционален углу поворота ротора. Угол сдвига преобразуется в унифицированный выходной сигнал.

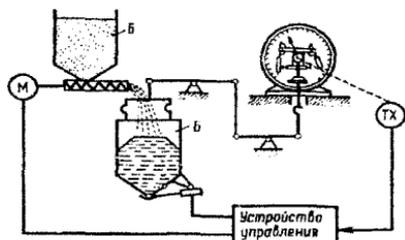
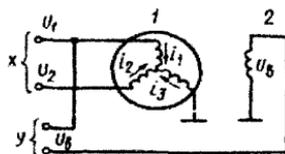


Рисунок 18.4 – Схема дозатора дискретного действия



1 – обмотка статора; 2 – обмотка ротора
Рисунок 18.5 – Схема подключения обмоток сельсина для измерения массы

Большинство систем дискретного дозирования сыпучих материалов, выпускаемых в различных странах, в качестве датчиков массы используют рассмотренные ранее тензометрические датчики. Бункер дозатора устанавливают на опоры (три и более) с укрепленными тензодатчиками (рис. 18.6, а) или подвешивают через тензодатчик (рис. 18.6, б).

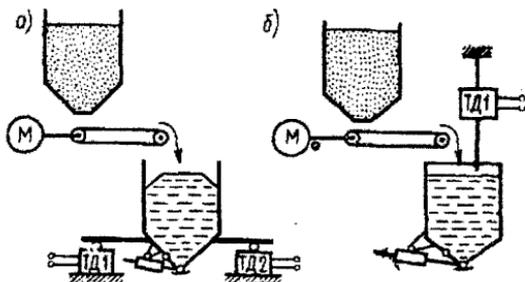


Рисунок 18.6 – Конструктивные схемы размещения тензодатчиков в дозаторах дискретного действия

18.2 Лабораторная установка дозатора весового

Конструктивно установка дозатора состоит из тензометрической балки, на которой наклеены полупроводниковые гедисторы.

Тензодатчики являются низкоимпедансными устройствами, поэтому они требуют значительной мощности возбуждения для получения приемлемых уровней выходного напряжения. Типовой тензодатчик имеет сопротивление порядка 100...500 Ом и имеет чувствительность, выраженную в милливольтгах полной шкалы на вольт напряжения возбуждения.

При напряжении возбуждения 3 В и коэффициенте преобразования 0,7 мВ/В, верхний предел (сигнал полной шкалы при номинальной нагрузке) составит 2,1 мВ. Выходной сигнал можно увеличить за счет увеличения напряжения возбуждения, однако существенным ограничением такого приема является эффект саморазогрева моста, что приводит к увеличению ошибки измерения и даже к разрушению тензодатчиков.

Лучшим способом является использование инструментальных усилителей с большим коэффициентом усиления. Структурная схема дозатора приведена на рисунке 18.7.

Схема состоит из следующих основных элементов:

- источник питания, который вырабатывает напряжение +12 В, -12 В;
- блок тензодатчиков;
- дифференциальный усилитель, который усиливает сигнал, подаваемый на масштабирующий усилитель;
- задатчик, который позволяет устанавливать необходимую весовую дозу. Выходные сигналы с усилителя масштабирующего и датчика подаются на компаратор (сравнивающее устройство). Если выходной сигнал с выхода блока тензодатчиков достигает уровня сигнала, заданного задатчиком, то схема сравнения выдает сигнал на устройство звуковой сигнализации, что свидетельствует о том, что весовая доза достигла заданной величины;
- прибор цифровой позволяет отсчитывать величину весовой дозы материала, подаваемого в дозирующее устройство.

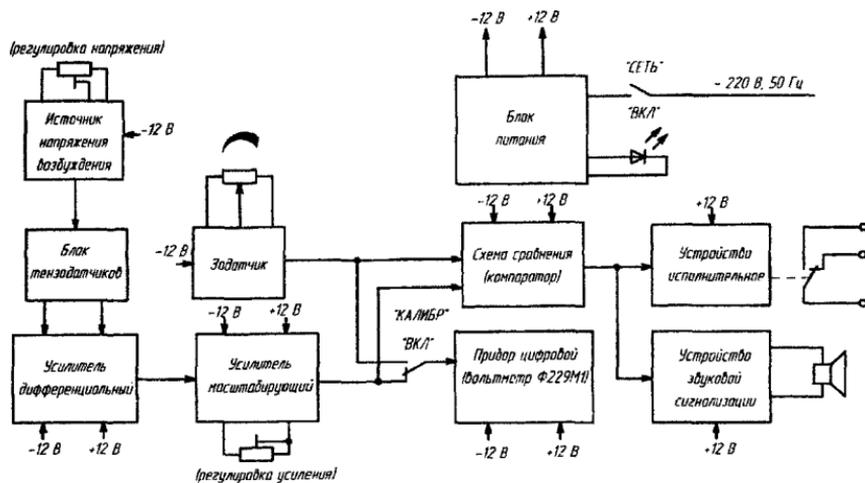


Рисунок 18.6

18.3 Порядок выполнения работы

18.3.1 Собрать электрическую схему лабораторной установки весового дозатора в соответствии с рисунком 18.8.

18.3.2 Установить тумблер СЕТЬ блока базового в положение «ВКЛ». Должны светиться индикаторы СЕТЬ и цифры табло цифрового вольтметра.

18.3.3 Установить тумблер КАЛИБР в положение «ВКЛ» и многооборотным переменным резистором, установить на табло вольтметра пороговое значение дозы.

18.3.4 Установить на программном переключателе ПОРОГ величину заданного значения весовой дозы.

18.3.5 Установить тумблер КАЛИБР в положение «ОТКЛ». На табло вольтметра должно высвечиваться текущее значение дозы.

18.3.6 Произвести нагружение балки дозатора гириями с известной номинальной весовой величиной, при этом текущее значение весовой дозы будет изменяться.

18.3.7 Когда текущее значение весовой дозы достигнет установленного порогового значения, зазвучит прерывистый звуковой сигнал.

18.3.8 Сравнить заданное и текущее значения весовой дозы. Результаты измерений и вычислений свести в таблицу.

18.3.9 Повторить опыт (п. 18.3.8) 5–7 раз.

18.3.10 Определить абсолютную и относительную погрешности дозирования.

18.4 Содержание отчета

18.4.1 Название и цель работы.

18.4.2 Структурная схема лабораторной установки весового дозатора и ее краткое описание.

18.4.3 Предложение конструктивного варианта схемы весового дозатора, используемого в лабораторной установке.

18.4.4 Результаты измерений и вычислений, сведённые в таблицу.

18.4.5 Заключение о пригодности дозатора для эксплуатации.

18.4.6 Примеры возможного использования весового дозатора при автоматизации технологических процессов строительного производства.

Лабораторная работа 19

Изучение принципа работы «таймера электронного ЭТ – 20»

Цель работы

- Изучить устройство и принцип действия таймера электронного ЭТ – 20.
- Получить навыки программирования таймера электронного ЭТ-20.

19.1 Назначение

Таймер ЭТ-20 (далее – таймер) предназначен для установки и отсчета времени.

Таймер используется в системах контроля, регулирования и управления технологическими процессами.

Таймер имеет два гальванически развязанных канала.

19.2 Технические данные и характеристики

19.2.1 Количество каналов – два гальванически развязанных канала с выходом каждого на свое реле «сухой контакт» ~250В х 7А или =30 В х 7 А.

19.2.2 Режимы работы каналов:

- независимый;
- последовательный (однократный или циклический).

19.2.3 Диапазоны установки времени отсчета каждого канала:

- от 1 с до 9999 с;
- от 1 мин до 9999 мин;
- от 1 с до 99 мин 59 с;
- от 1 мин до 99 ч 59 мин.

19.2.4 Отсчет времени осуществляется в прямом или обратном порядке в пределах заданного диапазона.

19.2.5 Состояние реле программируется. После окончания отсчета времени реле может находиться как в пассивном состоянии – контакты разомкнуты, так и в активном – контакты замкнуты.

19.2.6 Дистанционное управление каждым каналом осуществляется либо постоянным, либо импульсным сигналом длительностью не менее 1мс в диапазоне от 6 до 24В.

19.2.7 Питание таймера осуществляется от сети переменного тока частотой (50±1)Гц и номинальным напряжением 220 В с допускаемым отклонением от минус 15 до плюс 10%.

19.2.8 Потребляемая мощность – не более 2 ВА.

19.3 Устройство и работа таймера

19.3.1 Таймер состоит из трех основных узлов:

- модуля питания;
- модуля индикации;
- модуля клеммных колодок.

19.3.2 Модуль питания включает:

- трансформаторный блок питания с линейным стабилизатором;
- двухзвенный RC-фильтр;
- два исполнительных реле;
- оптронную развязку.

19.3.2.1 Блок питания преобразует сетевое напряжение 220 В в стабилизированное +5 В. Выключатель питания не предусмотрен, так как таймер предназначен для работы в непрерывном режиме.

19.3.2.2 Двухзвенный RC-фильтр обеспечивает высокую помехоустойчивость.

19.3.2.3 Исполнительные реле управляются микропроцессором и включаются в зависимости от режима работы таймера.

19.3.3 Модуль индикации включает:

- блок микропроцессорного управления;
- постоянное запоминающее устройство ПЗУ;
- индикацию;
- кнопки.

19.3.3.1 Микропроцессорный блок осуществляет отсчет времени, опрашивает клавиатуру, управляет индикацией, то есть выводит текущее время или редактируемый параметр на индикатор, управляет исполнительными реле.

19.3.3.2 ПЗУ служит для хранения заданных параметров таймера.

19.3.3.3 Индикация таймера включает:

- четырехразрядный светодиодный индикатор (СД), отображающий параметры и режимы работы таймера;

- шесть единичных светодиодных индикаторов (СД), отображающих номер индицируемого канала (СД «ИНД. 1», «ИНД.2»), активное состояние канала (отсчет заданного интервала времени – СД «СЧЕТ1», «СЧЕТ2»), последовательный режим работы и активное состояние каналов в данном режиме (СД «ИНД.3», «СЧЕТ3»),

- четыре единичных светодиодных индикатора «ЧАС.», «МИН.», «МИН.», «СЕК.», отображающих размерность единицы отсчета времени индицируемым каналом;

- пять кнопок управления работой таймера: «СТАРТ/СТОП» каналов 1 и 2, «УСТ», «<» и «>».

Кнопки «СТАРТ/СТОП» каналов 1, 2 запускают и, если необходимо, прерывают отсчет времени.

Кнопка «УСТ» переключает режимы работы.

Кнопки «<» и «>» служат для переключения каналов, установки требуемого времени работы каналов или количества циклов их работы (уставки).

Кнопка «<» совместно с кнопкой «УСТ» используется для задания параметров и режимов работы таймера.

19.3 Модуль клеммных колодок, расположенный на задней панели, служит для подключения таймера к сети, исполнительным устройствам и устройству дистанционного управления. Сигналы внешнего запуска (дистанционного управления) можно подавать с клемм 3, 4 с соблюдением полярности, или с внешнего источника питания. Входы сигналов внешнего запуска гальванически развязаны между собой.

19.4 Порядок выполнения работы

19.4.1 Ознакомиться с назначением, техническими данными и характеристиками таймера электронного ЭТ-20.

19.4.2 Изучить устройство и работу таймера.

19.4.3 Получить навыки по программированию и эксплуатации таймера.

Примечание: инструкция по программированию и эксплуатации таймера электронного находится в приложении 2.

19.4.4 Подготовить таймер к работе.

19.4.5 Получить навыки – для задания рабочих параметров таймера;

- для задания уставок.

19.4.6 Изучить работу таймера в следующих режимах:

- независимый режим;

- дежурный режим;

- последовательный режим;

- циклический режим.

19.4.7 На основании задания преподавателя настроить таймер для выполнения программы.

19.4.8 Произвести проверку выполнения программы, наблюдая за работой таймера.

19.4.9 Определить погрешность реализации заданной программы.

19.4.10 Результаты наблюдений и вычислений занести в протокол.

19.5 Содержание отчета

19.5.1 Название и цель работы.

19.5.2 Краткое описание и функциональная схема таймера ЭТ-20.

19.5.3 Блок-схема алгоритма программы работы таймера ЭТ-20 в заданном режиме.

19.5.4 Пример реализации программы для заданного варианта.

19.5.5 Оценка пригодности таймера ЭТ-20 для эксплуатации.

Лабораторная работа 20

Изучение принципа работы счетчика импульсов СИ-8

Цель работы

- Изучить устройство и принцип работы счетчика импульсов СИ-8.
- Получить навыки программирования счетчика импульсов СИ-8.

20.1 Назначение

20.1.1 Универсальный программируемый восьмиразрядный счетчик импульсов СИ8 предназначен для подсчета:

- количества поступающих на его входы импульсов как в прямом, так и в обратном направлении и перевода его в физическую величину (путем умножения на заданный множитель);
- частоты и длительности подаваемых на его входы импульсов;
- времени наработки оборудования;
- среднего и суммарного расхода жидкости (совместно с импульсными или частотными датчиками).

20.1.2 Прибор имеет два встроенных выходных устройства ключевого типа для включения-выключения внешнего технологического оборудования при достижении заданных установок.

20.2 Устройство и принцип действия прибора

20.2.1 Принцип действия

Функциональная схема прибора приведена на рисунке 20.1. Прибор имеет три входа для подключения внешних управляющих сигналов, которые через входной коммутатор подаются на входы блока обработки данных.

Блок обработки данных содержит реверсивный счетчик импульсов с делителем на входе и умножителем на выходе, счетчик времени и вычислитель среднего расхода, а также два логических устройства, которые в соответствии с заданным пользователем алгоритмом формируют сигналы управления выходными устройствами.

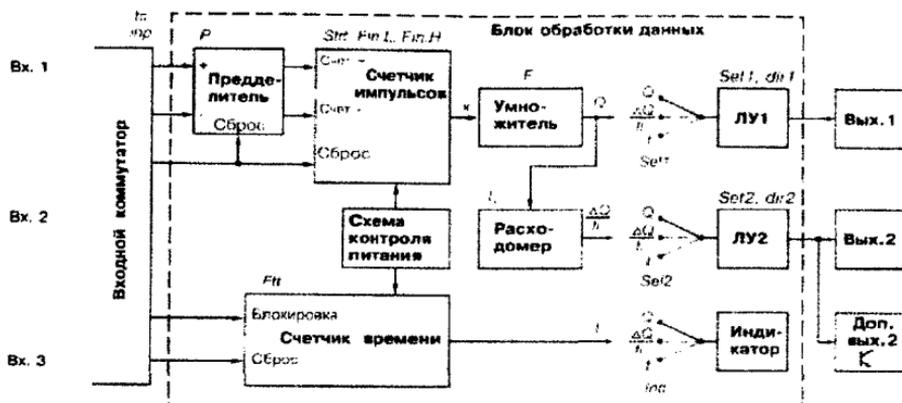


Рисунок 20.1

Прибор имеет три входа для подключения внешних управляющих сигналов. К входам могут быть подключены:

- контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т.п., как показано на рисунке 20.2;
- активные датчики, имеющие на выходе транзистор *n-p-n*-типа с открытым коллекторным выходом. Для питания таких датчиков на клеммник прибора выведено напряжение +24...+30 В (максимальный ток нагрузки 100 мА), как показано на рисунке 20.3;
- другие типы датчиков с выходным напряжением высокого уровня от 2,4 до +30 В и низкого уровня от 0 до 0,8В показаны на рисунке 20.4. Входной ток при напряжении низкого уровня не превышает 15 мА.

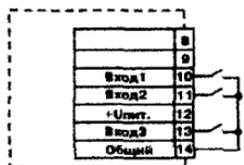


Рисунок 20.2

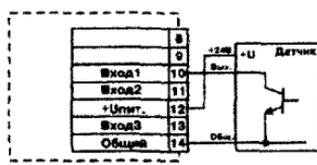


Рисунок 20.3

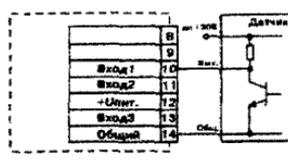


Рисунок 20.4

20.3 Режимы работы прибора

При эксплуатации прибора его функционирование осуществляется в одном из режимов: РАБОТА или ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

20.3.1 Программирование

Режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ предназначен для изменения и записи в энергонезависимую память прибора требуемых при эксплуатации рабочих параметров.

Заданные значения сохраняются при выключении питания в энергонезависимой памяти прибора.

20.3.2 Режим РАБОТА

В режиме РАБОТА прибор по результатам входных воздействий индицирует измеряемую величину и выдает сигналы в соответствии с алгоритмом, определенным при программировании.

20.4 Порядок выполнения работы

20.4.1 Ознакомиться с назначением, техническими характеристиками счетчика импульсов СИ-8.

20.4.2 Изучить устройство и принцип действия счетчика импульсов СИ-8 в следующих режимах:

- счетчик импульсов;
 - счетчик времени;
 - расходомер.
- 20.4.3 Изучить типы выходных устройств:
- транзисторная оптопара;
 - оптосимистор.

20.4.4 Изучить режимы работы индикации.

20.4.5 Получить навыки программирования счетчика импульсов на основании задания преподавателя.

20.5 Содержание отчета

20.5.1 Название и цель работы.

20.5.2 Функциональная схема прибора и ее краткое описание.

20.5.3 Блок-схема алгоритма работы счетчика импульсов СИ-8 для заданного варианта.

20.5.4 Схема подключения выходных устройств к счетчику импульсов СИ-8 (в соответствии с вариантом задания).

20.5.5 Пример возможного применения счетчика импульсов СИ-8 при автоматизации технологических процессов.

Лабораторная работа 21

Изучение принципа действия блока управления тиристорами и симисторами

Цель работы

- Изучить устройство и принцип действия блока управления тиристорами и симисторами (БУТиС).
- Получить навыки подключения к БУТиС исполнительных электрических устройств типа асинхронный двигатель.

21.1 Назначение изделия

21.1.1 Прибор предназначен для управления мощностью в активной нагрузке, включенной «звездой», совместно с подключаемыми к прибору тиристорами или симисторами. Для управления может применяться:

- либо внешний потенциометр,
- либо стандартный сигнал $0...10$ В,
- либо стандартный сигнал $0...20$ мА,
- либо стандартный сигнал $4...20$ мА,
- либо стандартный сигнал $0...5$ мА.

21.1.2 Прибор применяется в качестве задатчика мощности нагревателя с ручным управлением, а также для автоматического поддержания температуры объекта совместно с терморегуляторами.

21.2 Устройство и принцип работы

Функциональная схема прибора приведена на рисунке 21.1. Прибор имеет три идентичных канала управления тиристорами или симисторами.

Каждый канал управления состоит из устройства контроля перехода напряжения фазы через ноль, устройства контроля тока фазы, устройства обработки сигнала, формирователя импульсов и импульсного трансформатора, как показано на рисунке 21.2.

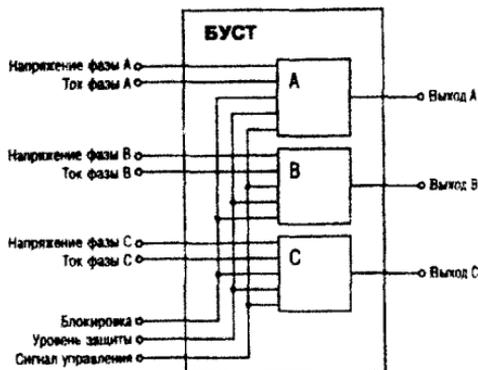


Рисунок 21.1

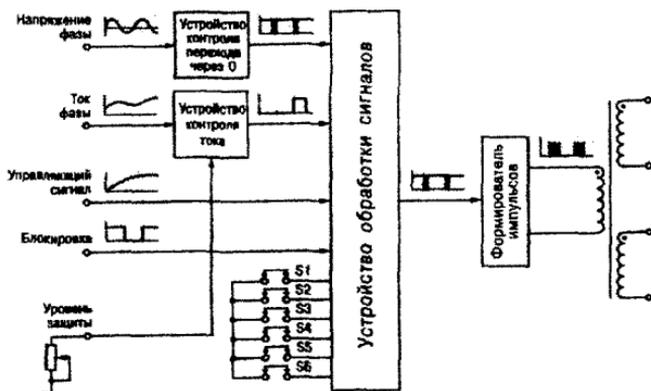


Рисунок 21.2

Устройство контроля перехода через нуль формирует импульс в начале каждого полупериода соответствующей фазы, смотри рисунок 21.3. Эти импульсы синхронизируют работу устройства обработки сигналов.

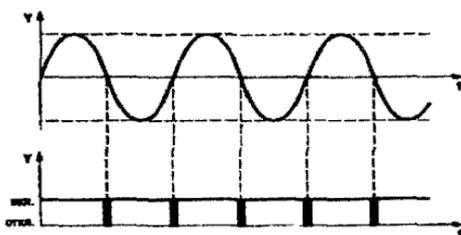


Рисунок 21.3

Устройство обработки сигналов анализирует состояние переключателей S1...S6, которыми задается режим работы, определяет момент открытия тиристора или симистора в зависимости от величины сигнала на управляющем входе и запускает формирователь импульсов.

Положение переключателя S1 определяет метод управления мощностью в нагрузке. При снятой переключателе – фазовый, а при установленной – по числу полупериодов.

Положение переключателя S2 определяет, анализируется состояние устройства контроля тока защитного отключения или нет. При установленной переключателе – анализируется, а при снятой – нет.

Положение переключателя S3 определяет режим работы прибора. При снятой переключателе выполняется предварительная установка уровня тока защитного отключения. При такой установке запуск формирователя импульсов заблокирован и тиристоры или симисторы заперты. Контроль устанавливаемого уровня осуществляется при помощи десяти светодиодов. При установленной переключателе прибор находится в рабочем режиме.

Положение переключателя S4 определяет, используется фаза В или нет. При снятой переключателе канал управления выключен, а при установленной – включен. Если данная фаза не используется (не подключен контроль напряжения фазы), переключатель обязательно должна быть снята. В противном случае прибор не включится.

Положение переключки S5 определяет, используется фаза С или нет. При снятой переключке канал управления выключен, а при установленной – включен. Если данная фаза не используется (не подключен контроль напряжения фазы), переключка обязательно должна быть снята. В противном случае прибор не включится.

Положение переключки S6 определяет, какой сигнал используется для управления. При установленной переключке – 4...20 мА, а при снятой – все остальные.

Все элементы прибора размещены на печатной плате, как показано на рисунке 21.4

Для индикации уровня управляющего сигнала предназначены десять установленных на плате светодиодов.

Для задания режима работы предназначены переключки S1...S6. Назначение переключек приведено в таблице 21.1.

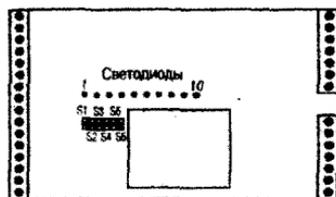


Рисунок 21.4

Таблица 21.1

Переключка	Назначение	Установлена	Снята
S1	Метод регулирования	По числу полупериодов	Фазовый
S2	Контроль тока	Включен	Выключен
S3	Режим работы	Работа	Установка уровня
S4	Фаза «В»	Используется	Не используется
S5	Фаза «С»	Используется	Не используется
S6	Вход управления	4...20 мА	Все остальные

21.3 Порядок выполнения работы

21.3.1 Ознакомиться с назначением, техническими данными, устройством и принципом работы БУТиС:

- устройства контроля перехода через нуль;
- устройства обработки сигналов;
- устройства контроля тока;
- формирователя импульсов;
- импульсного трансформатора.

21.3.2 Получить навыки настройки блока БУТиС:

- на уровень управляющего сигнала;
- на установку порога подключения при использовании защиты по току.

21.3.3 Составить схему подключения к БУТиС исполнительного устройства (например, асинхронного электродвигателя).

21.4 Содержание отчета

21.4.1 Название и цель работы.

21.4.2 Краткое описание принципа действия и функциональная схема БУТиС.

21.4.3 Схема подключения асинхронного двигателя к БУТиС.

21.4.4 Выводы по работе (отразить достоинства и недостатки БУТиС).

21.4.5 Примеры практического применения БУТиС при автоматизации технологических процессов.

Лабораторная работа 22

Технические устройства автоматизации в системах управления электроприводом

Цель работы

- Ознакомиться с конструкцией и принципом работы электромагнитных реле и магнитных пускателей.
- Изучить принципы построения схем на з/м реле в устройствах автоматизации технологических процессов.
- Изучить работу типовых узлов и схем автоматизированного электропривода на примерах схем автоматизации технологических процессов в строительстве.

22.1 Вводная часть

Автоматическое управление любым технологическим процессом (объектом управления) всегда включает в себя три стадии:

- получение информации о текущем состоянии процесса;
- переработку полученной информации по определенному алгоритму;
- формирование управляющего воздействия;

Каждую из них можно рассматривать как преобразование информации. Т.е., весь процесс управления может рассматриваться как последовательность преобразований информации, которая поступает от объекта управления и в переработанном виде опять возвращается к нему.

Необходимо заметить, что информация в автоматическом управляющем устройстве существует не сама по себе, а представлена в виде значений так называемого носителя информации – сигнала.

В качестве информационных сигналов могут использоваться различные физические величины, но чаще всего используются электрические: ток, напряжение, сопротивление и др. Причина такого предпочтения не в том, что электричество обладает свойством придавать устройству «интеллект», а в том, что электрические сигналы удобно передавать на расстояние, да и устройства обработки электрических сигналов получаются, на современном уровне развития техники, более надежными, быстродействующими, компактными и дешевыми, чем на другой физической основе.

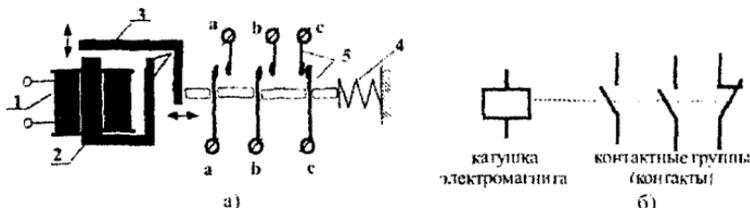
Функционирование управляющего устройства представляет собой последовательность преобразований сигналов, а любой из элементов автоматического устройства есть преобразователь сигналов. В зависимости от того, какие значения могут принимать сигналы, все многообразие элементов автоматики можно разделить на две большие группы: элементы непрерывного действия и дискретные элементы. В элементах непрерывного действия сигнал является непрерывной функцией и может принимать любые значения в пределах между минимальным и максимальным значениями.

Дискретные элементы могут принимать только конечное число состояний. Часто используются элементы, у которых сигнал принимает только два состояния: например выключатель в электрической цепи, – либо цепь замкнута и ток протекает, либо – разомкнута, ток отсутствует, промежуточных состояний нет.

В практике автоматизации производства используются различные дискретные элементы: электромагнитные реле, контактные датчики, полупроводниковые логические элементы, в том числе и в интегральном исполнении (на полупроводниковом кристалле формируется система дискретных элементов, связанных между собой).

22.2 Электромагнитное реле

Электромагнитное (э/м) реле является одним из наиболее старых, им более ста лет, и одним из самых распространенных элементов современной автоматики. Устройство реле приведено на рисунке 22.1. Оно состоит из катушки электромагнита (1), сердечника (2), подвижного якоря (3), возвратной пружины (4) и контактных пружин (контактов) (5). При пропускании тока через катушку создается магнитный поток, благодаря чему образуется тяговое усилие, якорь притягивается к сердечнику и перемещает контакты, которые замыкаются (контакты *a*, *b*) или размыкаются (контакт *c*). При составлении схем устройств на э/м реле используют условное обозначение реле. Контакты реле изображаются в таком состоянии, в каком они находятся при обесточенной катушке (отпущенном якоре), т.е. контакты "*a*" и "*b*" при отсутствии тока через катушку разомкнуты, а контакт "*c*" – замкнут. Пунктирную линию, показывающую механическую связь между катушкой и контактами изображать необязательно, но, в таком случае, вводятся буквенные и цифровые обозначения; катушка обозначается буквой *K* с порядковым номером реле, а обозначение контактов повторяет обозначение катушки, к которому через точку или двоеточие добавляется порядковый номер контакта. Пример на рисунке 22.2.



а) конструкция; б) условное обозначение в схемах

Рисунок 22.1 – Электромагнитное реле

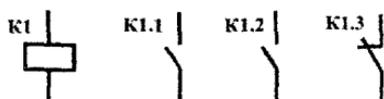


Рисунок 22.2 – Условное графическое обозначение э/м реле

Реле на рисунке 22.2 имеет два замыкающихся контакта – *K1.1* и *K1.2* и один размыкающийся – *K1.3*.

Необходимо подчеркнуть, что катушка реле и контакты между собой электрически изолированы и могут находиться в разных электрических цепях. Например, катушку реле можно питать током низкого напряжения, в то же время, контакты могут управлять цепями высокого напряжения. Такое разделение цепей позволяет повысить безопасность эксплуатации различных устройств: мощных высоковольтных двигателей, нагревателей и др. Управление катушкой реле производится обычно кнопками, выключателями или контактами других реле или датчиков.

Т.о., э/м реле является элементом с одним входным сигналом (ток в катушке) и несколькими выходными сигналами (токи через контакты). При этом каждый из выходных сигналов может принимать только два состояния (контакт либо разомкнут, либо замкнут). Несмотря на простую конструкцию и принцип работы отдельного реле, совокупность взаимосвязанных реле позволяет выполнять сложные функции, в том числе и математические операции.

В качестве примера устройства с использованием реле, на рисунке 22.3 приведена схема, позволяющая «запомнить» на неограниченное время кратковременный сигнал нажатия кнопки.

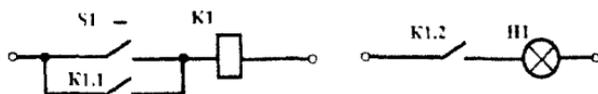


Рисунок 22.3 – Схема самоблокировки

В исходном состоянии ни в одной из цепей тока нет. При нажатии на кнопку $S1$ замыкается цепь катушки реле $K1$; ток проходит через кнопку $S1$ и катушку $K1$. Прохождение тока через катушку $K1$ приведет к замыканию контактов реле $K1.1$ и $K1.2$, загорится лампа $H1$. После отпускания кнопки ток в катушке $K1$ не прекратится, т.к. цепь катушки будет замкнута собственным контактом реле $K1.1$; в результате $K1$ останется включенной, лампа $H1$ останется гореть. Выключить ее кнопкой $S1$ невозможно. Приведенная схема на рисунке 22.3 получила название "схема самоблокировки", т.к. контакт $K1.1$ блокирует кнопку $S1$. На рисунке 22.4 приведена более сложная схема. В исходном состоянии все цепи разомкнуты. При нажатии на кнопку $S1$ сработает реле $K1$, замкнутся контакты $K1.1$ и $K1.3$, а контакт $K1.2$ – разомкнется.

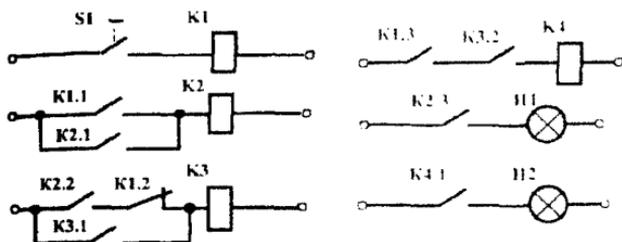


Рисунок 22.4

Замкнутый контакт $K1.1$ включает реле $K2$, которое замыкает контакты $K2.1$, $K2.2$ и $K2.3$; загорится лампа $H1$. Реле $K3$ и $K4$ останутся выключенными, т.к. при замкнутом $K2.2$ разомкнут $K1.2$, а при замкнутом $K1.3$ - разомкнут $K3.2$. Лампа $H2$ остается выключенной. При отпускании кнопки реле $K1$ выключится, но реле $K2$ останется работать (за счет контакта $K2.1$); контакт $K1.2$ замыкается, 2 замкнут – включится реле $K3$, но реле $K4$ останется выключенным, т.к. разомкнутым будет контакт $K1.3$. При повторном нажатии $S1$ замкнется $K1.3$, $K3.2$ будет оставаться замкнутым, сработает реле $K4$ и включится лампа $H2$. Т.о. лампа $H2$ зажглась после второго нажатия. Непосредственной практической ценности схема (рис. 22.4) не представляет, но она демонстрирует возможность построения на реле устройств, выполняющих функцию счета (лампа $H2$ зажглась после

второго нажатия кнопки). Аналогично можно было бы выполнить устройство, осуществляющее, к примеру, суммирование или другие арифметические или логические операции.

Во избежание некоторой путаницы в терминологии, надо заметить, что при ссылках в тексте, например в рассмотренном выше описании работы схемы, и катушки реле и сами реле именуются одинаково: $K1$, $K2$ и т.д. Но на схемах это обозначение относится только к соответствующей катушке электромагнита реле.

22.3 Реле в схемах управления приводом

Показательными являются примеры практического использования э/м реле для управления электрическими двигателями, как в режиме ручного управления, так и для случаев автоматического управления.

Электрические двигатели, системы привода на их основе являются, без преувеличения, самыми распространенными устройствами, используемыми в промышленности. Если рассматривать строительную отрасль, то и на предприятиях индустриального строительства, и на строительной площадке, и во многих строительных машинах электропривод применяется самым широким образом.

Особенностью электродвигателей, как потребителей электроэнергии, являются два фактора:

- большая величина потребляемого тока, особенно в момент пуска двигателя (пусковой ток может превышать рабочий в 10-30 раз);
- зависимость величины потребляемого тока от величины тормозящего момента на валу (при полном затормаживании двигателя, потребляемый им ток будет равен пусковому, что в течение короткого времени может привести к сильному нагреву и повреждению обмоток двигателя).

Большой пусковой ток может создавать сильное искрение – дугу в коммутирующих элементах цепи двигателя, а это способствует быстрому разрушению (обгоранию) этих элементов. По этой причине для двигателей мощностью более 0,5-1 кВт, как правило, обычные ручные выключатели не применяются, а используют специальные э/м реле – **МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ**.

Отличительной особенностью магнитного пускателя являются мощные, массивные контакты и усиленный электромагнит, позволяющий замыкать-размыкать контакты за очень короткое время (в результате чего они не успевают обгорать). В некоторых случаях применяют дополнительные меры для гашения дуги на контактах, например т.н. "магнитное дутье". Суть его в том, что возле каждого контакта пускателя специальной катушкой создается магнитное поле, которое возникающую электрическую дугу, представляющую собой плазменный проводник тока, "выталкивает" из зоны контакта.

Реле, катушки которых питаются переменным током, имеют свои конструктивные особенности. Для исключения его нагрева сердечник электромагнита набирается из пластин электротехнической стали. Для предупреждения вибрации полюс сердечника раздвигается и на одну половину надевается короткозамкнутый виток из меди. Вследствие этого магнитный поток, создаваемый катушкой, раздвигается на два потока, сдвинутых по фазе из-за различия магнитных сопротивлений частей сердечника. Поэтому тяговое усилие электромагнита никогда не падает до нуля и, таким образом, в значительной степени устраняется вибрация якоря.

Обычно, переменным током питаются катушки магнитных пускателей, что и создает характерный звук (гул) при их работе.

Специфическим устройством, которое используется в схемах управления электродвигателями, является **ТЕПЛОВОЕ РЕЛЕ**. Основой его конструкции является **БИМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ** пластинка, механически связанная с единственным контактом этого реле. Рядом с биметаллической пластинкой расположена нагревательная спираль. Если ток, проходящий через спираль достаточно большой,) за счет выделяющегося тепла нагревается биметаллическая пластинка, изгибается и размыкает связанный с ней контакт. Нагревательная спираль обычно включается в цепь двигателя, а размыкающийся контакт устанавливают в цепях катушки магнитного пускателя. Если ток, потребляемый электромотором, из-за повышенной механической нагрузки, превысит некоторый предел, контакт теплового реле выключит магнитный пускатель и, тем самым, отключит двигатель от сети. На рисунке 22.5 приведена типовая схема управления трехфазным асинхронным двигателем *M1*. *KM1*, *KM2* – катушки двух магнитных пускателей; *KK1*, *KK1'* – нагревательные спирали теплового реле, *KK1.1* – его контакт.

При нажатии на кнопку *SB2* включается пускатель *KM1*, контактами *KM1.1*, *KM1.2*, *KM1.3* замыкает цепь питания двигателя *M1*, контактом *KM1.4* замыкает цепь самоблокировки, в результате чего кнопку можно отпустить. Кнопка *SB1* позволяет выключить двигатель. При нажатии кнопки *SB2* включится пускатель *KM2* и контактами *KM2.1...KM2.3* подключит двигатель к сети таким образом, что будет изменен на обратный порядок чередования фаз токов в его обмотках, что приведет к вращению его в обратную сторону, разомкнувшийся контакт *KM2.5* не позволит включить пускатель *KM1* и, тем самым, позволит избежать короткого замыкания в цепях двигателя. При перегрузке двигателя нагреются спирали теплового реле *KK1*, разомкнется контакт *KK1.1* и будет отключен магнитный пускатель. Подобная схема реверсивного управления двигателем может применяться, к примеру, для привода лебедки подъемного крана. Необходимо отметить ещё одну эксплуатационную особенность применения схемы самоблокировки в промышленных агрегатах: при отключении и повторном включении напряжения питающей сети, схема блокировки "не позволит" устройству включиться самостоятельно, необходимо нажать (для схемы рис. 22.5) кнопку *SB2* или *SB3*. Это является фактором повышения безопасности эксплуатации привода.

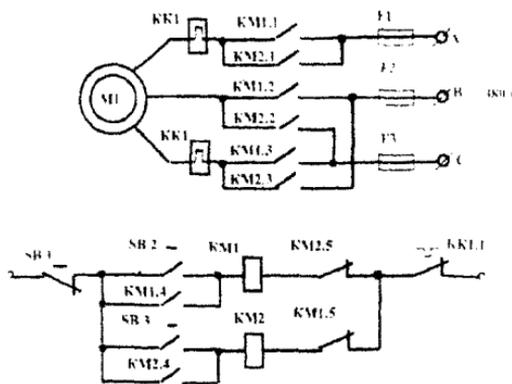
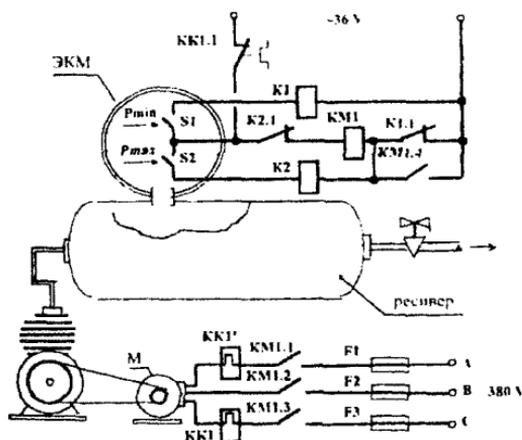


Рисунок 22.5 – Типовая схема управления реверсивным электроприводом

На рисунке 22.6 приведена схема автоматизированного компрессора. Двигатель *M* вращает механизм воздушного насоса, который нагнетает воздух в ресивер, из которого сжатый воздух поступает потребителю.

На ресивере установлен электроконтактный манометр (ЭКМ), представляющий собой пружинный манометр, измерительный механизм которого связан с двумя контактными группами *S1* и *S2*. Состояние контактов изменяется в зависимости от величины давле-

ния P . Если давление P ниже, чем P_{min} , то $S1$ разомкнут, если P превышает P_{min} , то он замыкается. Аналогично действует и $S2$: при $P < P_{max}$ $S2$ разомкнут, при $P > P_{max}$ – замкнут.



ЭКМ – электроконтактный манометр; М – двигатель компрессора.

Рисунок 22.6

Если давление в ресивере ниже P_{min} , то замкнутый контакт $K1.1$ включает магнитный пускатель $KM1$, который замыкает цепь питания двигателя компрессора, давление воздуха начинает возрастать. Когда давление превышает P_{min} , но остается ниже P_{max} , двигатель продолжает работать за счет замкнутого контакта самоблокировки $KM1.4$. При достижении давлением значения P_{max} замыкается $S2$, срабатывает реле $K2$ и контактом $K2.1$ размыкает цепь катушки $KM1$, двигатель выключается и остается выключенным, пока давление не упадет ниже P_{min} . Затем весь цикл повторяется.

Назначение и работа теплового реле $KK1$ такое же, как и в схеме рисунка 22.5. Питание катушек реле и силовых цепей двигателя, как и в схеме на рисунке 22.5, от различных источников тока, позволяет повысить безопасность эксплуатации агрегата и его надежность. Обратите внимание на отсутствие каких-либо выключателей и кнопок; при подаче питания система сразу работает в автоматическом режиме.

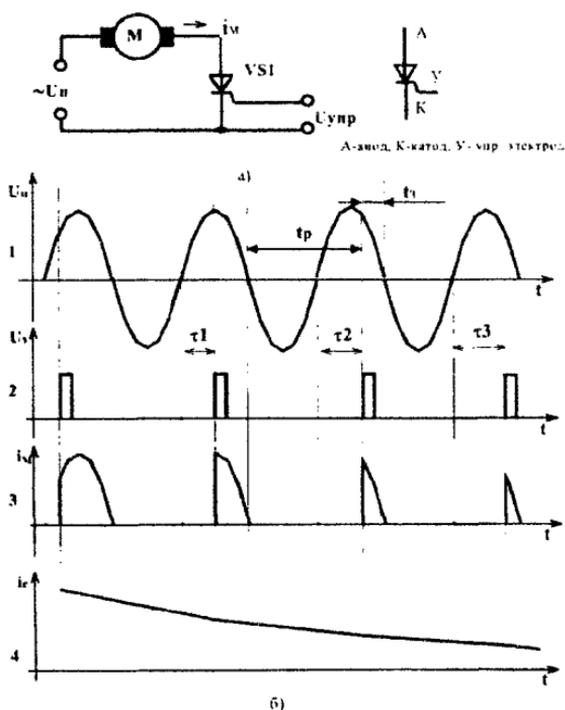
22.4 Силовые полупроводниковые вентили в цепях управления электропитанием

Рассмотренные выше электромагнитные реле и магнитные пускатели давно и надежно удерживают позиции одних из самых распространенных элементов в устройствах промышленной автоматизации. Но во многих случаях они уже не в состоянии удовлетворять возрастающим требованиям, в первую очередь по быстродействию, которые предъявляются к коммутирующим элементам в современных и вновь разрабатываемых устройствах автоматизации. И дело не в прихоти разработчиков, желающих "блеснуть" применением новых, "модных" элементов и добивающихся в рекламных целях высоких, но никому не нужных характеристик устройств. Высокое быстродействие, способность с большой частотой замыкать и размыкать электрические цепи позволяют очень эффективно (практики без потери энергии) и в больших пределах управлять мощностью тока потребителя. Необходимость в плавном регулировании величиной тока в цепи может

потребуется, к примеру, при управлении скоростью вращения двигателей (особенно в транспорте), мощностью нагревателей или электродного прогрева бетона, режимом электродуговой и контактной сварки, режимом установок индукционного нагрева, осветительными установками и др.

На рисунке 22.7 приведен пример схемы управления электрическим двигателем постоянного тока. Цепь двигателя M запитывается от источника переменного напряжения U , тиристорный вентиль $VS1$ используется как управляемый выпрямитель. Управление средней величиной тока i_M в цепи двигателя производится изменением соотношения времени замкнутого t_z и разомкнутого t_p состояния вентиля, путем изменения момента подачи импульса управления в цепи управляющего электрода.

На графике 1 (см. рис. 22.7 б.) представлена временная диаграмма переменного напряжения источника питания. На графике 2 показана последовательность импульсов управления в цепи управляющего электрода тиристорного вентиля.



а – схема управления двигателем; б – временные диаграммы напряжений и токов в схеме
Рисунок 22.7 – Тиристорное управление приводом

В момент появления управляющего импульса тиристор переходит в проводящее состояние и сохраняет это состояние и после исчезновения сигнала управления до того момента, пока ток в цепи вентиля (и двигателя) не упадет до нуля.

Таким образом, чем позже после появления положительного значения напряжения питания будет поступать импульс управления, тем меньше времени в течение положительного полупериода напряжения питания тиристор будет находиться в проводящем

состоянии, и тем меньшим будет среднее значение тока в цепи. Чем больше величина t , тем больший ток пропускается через двигатель. На графике 3 показана временная диаграмма импульсов тока через двигатель. На графике 4 – усредненное за несколько периодов значение тока.

Представленную схему (рис. 22.7 а.) можно условно представить в виде рисунка 22.8. При подаче импульса управления срабатывает реле C и остается во включенном состоянии за счет блокирующего контакта 2 до момента падения тока в цепи двигателя до нулевого значения. Импульс управления необходимо подавать в течение каждого положительного полупериода напряжения питания.

Диоды $VD1$, $VD2$ выполняют функцию развязки цепей, т.е. не позволяют напряжению питания цепи двигателя U_n попасть в цепь управления.

Как видно из приведенных выше диаграмм (рис. 22.7.), схема формирования импульсов управления должна отслеживать моменты нулевого значения напряжения питания и формировать кратковременные импульсы тока через определенные интервалы времени. А это значит, что и схема формирования должна быть быстродействующей. Реальные устройства выполняются на основе полупроводниковой технологии, а в последние годы – микроэлектронной технологии, где вся схема, состоящая из многих десятков и даже тысяч элементов, выполнена вместе с соединениями на общем кристалле полупроводника.

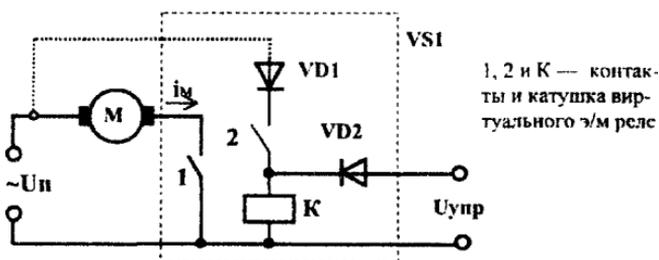


Рисунок 22.8 – Эквивалентная схема вентильного управления двигателем

Кроме возможности управления мощностью тока потребителя, силовые полупроводниковые вентили позволяют производить и управление частотой переменного тока, замыкая и размыкая с соответствующей частотой силовые цепи. В этом случае вентили работают в качестве *инверторов* – устройств преобразования постоянного тока в переменный. Это открывает возможность бесступенчатого (плавного) управления частотой вращения асинхронных и синхронных двигателей переменного тока без необходимости коммутации секций их обмоток.

При всех достоинствах рассмотренных элементов им присущи и некоторые недостатки: полупроводники очень чувствительны даже к кратковременным перегрузкам по напряжению и току. Это заставляет разработчиков предусматривать специальные меры их защиты, что заметно усложняет и удорожает устройства. Во-вторых, ремонт таких устройств требует от персонала на порядок более высокой квалификации, вплоть до инженерной, и использования специальной приборной техники. Неосторожное и неквалифицированное "вторжение" к полупроводниковым элементам может мгновенно привести к фатальным (для полупроводников) результатам. Такие, бытовавшие в прошлом,

«традиционные» приемы проверки электрических цепей с помощью лампы или даже «на искру» могут приводить к серьезным повреждениям полупроводниковых устройств, вплоть до полной неремонтопригодности. И, в то же время, при соблюдении условий эксплуатации и требований современной технологии их обслуживания и ремонта, полупроводниковые устройства автоматики могут надежно работать десятилетиями. Это подтверждается лучшими образцами отечественной и импортной техники.

22.5 Выполнение работы

22.5.1 Ознакомиться с конструкциями и принципом работы э/м реле и магнитных пускателей на лабораторном стенде.

22.5.2 Собрать схему установки по рисунку 22.9 на реле МКУ-48.

22.5.3 Подключить собранную схему к клеммам источников тока на панели установки. Подключить вольтметр. Включить источник тока, установить напряжение питания 20 вольт. Убедиться в правильной работе схемы, нажимая кнопку SB1.

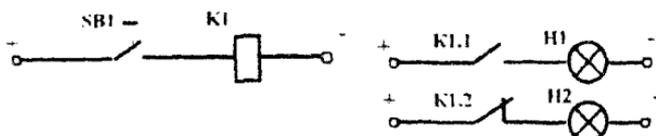


Рисунок 22.9

22.5.4 Установить минимальное напряжение питания (6 вольт).

22.5.4.1 Удерживая кнопку SB1 и, плавно повышая напряжение питания до 24 вольт, зафиксировать напряжение срабатывания реле (замыкание контакта K1.1 и размыкания K1.2).

22.5.4.2 Плавно снижая напряжение питания от 24 вольт до минимального значения, зафиксировать значение напряжения выключения реле.

Результаты измерения занести в протокол испытаний (таблица 22.1).

22.5.5 Собрать схему установки по рисунку 22.10, исследовать ее функционирование, задавая кнопками различные комбинации воздействий (напряжение источника тока установить 20-22 вольт).

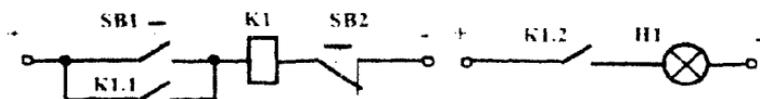


Рисунок 22.10

22.5.6 Собрать схему установки по рисунку 22.11.

22.5.7 Убедиться в правильности ее работы, рассматривая кнопку SB2 как «пуск», а SB1 – как «стоп».

22.5.8 Проверить функционирование теплового реле КК1, для чего медленно увеличивая нагрузку на валу двигателя тормозным устройством и контролируя по амперметрам в цепи двигателя потребляемый ток, зафиксировать значение тока двигателя ($I_{тр}$), при котором срабатывает защита. Занести результат в таблицу 22.2.

22.5.9 Подключить к клеммам «Ч» частотомер ЧЗ-35. Установить режим его работы «прямой счет».

22.5.10 Установить рычаг регулировки тормозного механизма в положение 1.

22.5.11 Включить двигатель кнопкой SB2; записать в таблицу 22.2 значение тока двигателя (I_d) и время срабатывания теплового реле ($t_{cp} = N/50$; где N – число периодов сетевого напряжения до срабатывания защиты).

22.5.12 Повторить измерения по пункту 22.2.11. при установке тормозного механизма в положения 2 и 3. Результаты занести в таблицу 22.2.

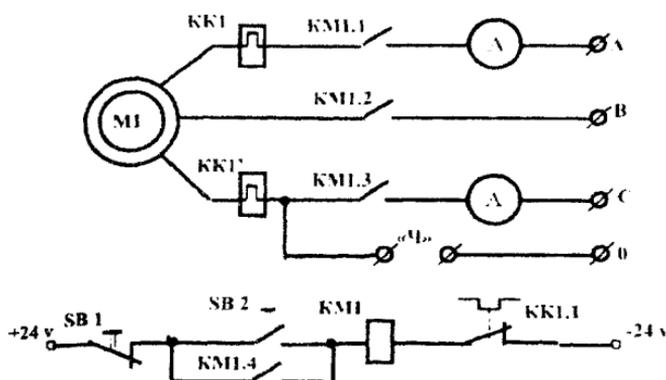


Рисунок 22.11 – Схема электропривода

22.6 Содержание отчета

22.6.1 Титульный лист отчета.

22.6.2 Основная часть отчета должна содержать разделы:

22.6.3 Цель и задачи лабораторной работы.

22.6.4 Исследование статических характеристик срабатывания реле MKV-48: схема установки (рис. 22.9), таблица испытаний (таблица 22.1)

22.6.5 Исследование схемы блокировки:

- схема установки (рис. 22.10);

- описание ее функционирования, примеры практического использования.

22.6.6 Исследование схемы управления асинхронным электродвигателем:

- схема установки (рис. 22.11); таблица результатов испытаний (таблица 22.2);

- описание ее работы.

Таблица 22.1

	Тип реле MKV - 48
Напряжение срабатывания $U_{ср}$ (в)	
Напряжение отпускания $U_{ср}$ (в)	

Таблица 22.2

№шт	$I_{тр}$ (А)	
	I_d (А)	t_{cp} (сек)
1		
2		
3		

Лабораторная работа 23

Исследование аналого-цифрового преобразователя

Цель работы

- Изучить принцип построения аналого-цифровых преобразователей (АЦП).
- Исследовать преобразователи, построенные на интегральной микросхеме.
- Приобрести навыки по применению АЦП.

23.1 Аналого-цифровые преобразователи

Вся информация, обрабатываемая ЭВМ, должна быть представлена в цифровом коде. Поэтому входные аналоговые величины, к которым относятся, например, постоянные или меняющиеся по какому-либо закону напряжения, временные интервалы, линейные и угловые перемещения, должны быть представлены в ЭВМ в цифровом коде. Эту задачу решают специальные устройства, называемые аналого-цифровыми преобразователями (АЦП).

С другой стороны, при использовании ЭВМ для управления работой различных объектов, отображения результатов расчета в виде графиков и других целей возникает необходимость представления цифровой информации, выдаваемой ЭВМ, в виде аналоговых величин. Это преобразование осуществляется с помощью цифроаналоговых преобразователей (ЦАП).

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) превращают аналоговый входной сигнал в цифровой код. АЦП используются, когда аналоговое выходное напряжение схемы или чувствительного элемента (например, мостового датчика температуры) должно быть преобразовано в цифровой код с целью удобной и экономичной регистрации данных или выполнения вычислений. АЦП широко используются в промышленных системах управления, цифровых системах связи и контроля. Перечень различных применений АЦП очень обширен и быстро растет. Имеется много типов АЦП, но большинство представляет модификации трех основных, которые кратко будут рассмотрены ниже. К основным типам АЦП следует отнести:

- 1) параллельные, или «мгновенного действия», преобразователи;
- 2) интегрирующие преобразователи;
- 3) преобразователи с последовательной аппроксимацией (или поразрядного взвешивания).

На рисунке 23.1, а показана схема АЦП напряжения в двоичный код, а на рисунке 23.1, б – графики, поясняющие его работу.

Генератор тактовых импульсов ГТИ вырабатывает импульсы стабильной частоты, которые поступают на один вход 1 логического элемента И и на делитель частоты ДЧ. Импульсы с выхода ДЧ определяют цикл преобразования $T_{ц.п.}$. Они используются для установки счетчика СТ в нулевое положение, запуска генератора пилообразного напряжения ГПН и триггера Т, устанавливая последний в единичное состояние. ГПН формирует линейно возрастающее напряжение с амплитудой, превышающей возможные значения входного напряжения $U_{вх}$. Напряжения с выхода ГПН и $U_{вх}$ поступают на устройство сравнения УС, которое в момент равенства этих напряжений вырабатывает импульс, поступающий на второй вход триггера и устанавливающий его в нулевое состояние. Сигнал с выхода триггера подается на второй вход ЛЭ И.

Таким образом, тактовые импульсы поступают на счетчик через ЛЭ И в течение времени, равного пребыванию триггера в состоянии 1. Так как это время пропорционально значению $U_{вх}$, то число подсчитанных счетчиком импульсов также будет пропорционально входному напряжению.

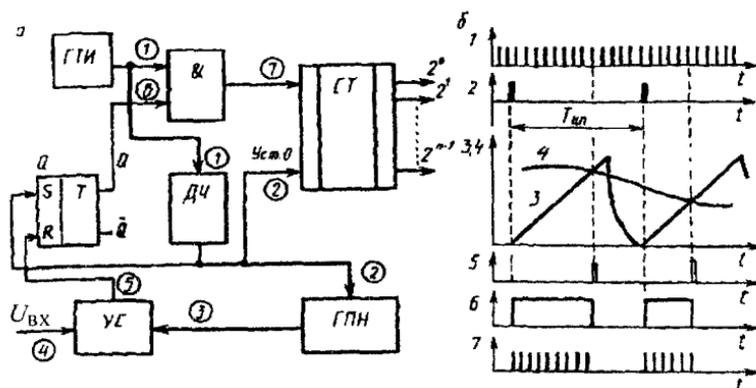


Рисунок 23.1 – Функциональная схема АЦП напряжения в двоичный код (а) и графики, поясняющие его работу (б)

По такому же принципу строится АЦП временного интервала в код. При этом отпадает необходимость в делителе частоты, ГПН и устройстве сравнения.

В практике находят также применение АЦП с обратной связью по выходу, показанные на рисунке 23.2, называемые балансными. В состав таких преобразователей включают ЦАП, который преобразует двоичный код, полученный на выходе счетчика СТ, в управляющее напряжение U_y . Это напряжение поступает вместе с входным напряжением на устройство сравнения УС. В момент равенства $U_{вх}$ и U_y УС прекращает выдачу положительного напряжения на ЛЭ И, и поступление тактовых импульсов от ГТИ на вход счетчика прекращается. В результате цифровой двоичный код на выходе счетчика оказывается пропорциональным входному напряжению.

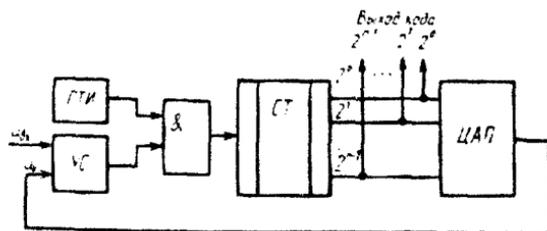


Рисунок 23.2 – Функциональная схема балансного АЦП напряжения в двоичный код

В рассмотренных АЦП точность преобразования определяется стабильностью и частотой повторения тактовых импульсов, линейностью напряжения на выходе ГПН и стабильностью работы ГПН. Для уменьшения ошибки, вызванной дискретностью преобразования, необходимо увеличивать частоту повторения тактовых импульсов.

Элементную базу АЦП и ЦАП с высокими техническими характеристиками составляют устройства в интегральном исполнении: логические элементы, операционные усилители, источники опорных напряжений, аналоговые ключи и коммутаторы, аналоговые компараторы (сравнивающие устройства) напряжений и др. Логические элементы являются основой цифровой и логической частей АЦП и ЦАП. На ОУ выполняются устройства, осуществляющие операции сложения, вычитания и умножения, генераторы и стабилизаторы тока и напряжения, усилительные, буферные и другие устройства.

В последние годы для построения цифровой и логической частей АЦП и ЦАП широко применяются микропроцессоры, что позволяет значительно сократить объем устройств управления и совместить процессы преобразования и предварительной обработки информации.

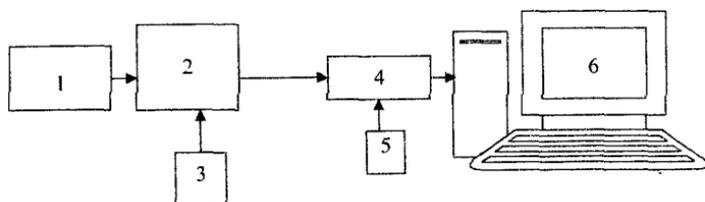
Существует несколько методов преобразования аналоговых сигналов в цифровые.

23.2 Лабораторный стенд по изучению работы АЦП.

23.2.1 Основное назначение и краткое описание

Лабораторный стенд для изучения работы АЦП предназначен для ознакомления с основными принципами работы аналого-цифрового преобразователя последовательно-по приближения в различных режимах работы и различных входных сигналах.

Схема лабораторного стенда приведена на рисунке 23.3.



- 1 - Магазин сопротивлений R33
- 2 - Лабораторная установка измерителя-преобразователя
- 3 - Блок питания лабораторной установки
- 4 - Преобразователь интерфейса RS232/RS485
- 5 - Блок питания преобразователя интерфейса
- 6 - Управляющий компьютер

Рисунок 23.3

Основой лабораторного стенда является измеритель-преобразователь 2, на вход которого подаются аналоговые сигналы датчиков температуры (термосопротивление и термopара). Для имитации термосопротивления на вход лабораторной установки подключен магазин сопротивлений 1. Питание установки осуществляется от автономного источника питания 3. Лабораторная установка 2 осуществляет преобразование сопротивления, подаваемого на вход в аналоговый сигнал напряжения, который затем преобразуется в цифровой сигнал с помощью аналого-цифрового преобразователя, выводится на индикатор в двоичном коде. Семисегментный четырехразрядный индикатор предназначен для отображения режимов работы лабораторной установки. Управление режимами работы лабораторной установки и контроль параметров осуществляется с помощью компьютера 6, на котором установлена управляющая программа для работы с установкой.

Для связи компьютера и лабораторной установки используется интерфейс RS485. Для согласования уровней сигналов со стороны компьютера установлен преобразователь интерфейса 4, который запитан от автономного блока питания 5.

23.2.2 Описание лабораторной установки измерителя-преобразователя

Измеритель-преобразователь представляет собой микропроцессорное устройство, его структурная схема приведена на рисунке 23.4.

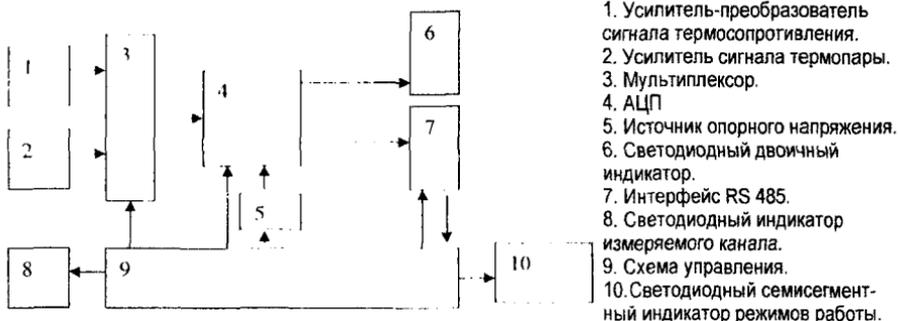


Рисунок 23.4

Работа лабораторной установки

Сигнал датчика температуры ТСМ50М или термопары ТХК поступает на вход соответствующего усилителя 1 или 2. При изменении температуры измеряемого объекта в диапазоне (25-100)°С выходное напряжение усилителей изменяется от 0 до 3,5В. С выходов усилителей сигналы поступают на мультиплексор 3, в котором осуществляется выбор измеряемого канала при помощи схемы управления 9. С выхода мультиплексора аналоговый сигнал поступает на вход аналого-цифрового преобразователя 4, в котором осуществляется преобразование аналогового сигнала в цифровой сигнал в двоичном коде. Для подробного изучения работы аналого-цифрового преобразователя в него введены следующие изменяемые параметры:

Тип подключенного датчика:

- термосопротивление; - термопара.

Количество разрядов для представления измеряемого сигнала:

- 10 бит; - 8 бит; - 9 бит; - 7 бит.

Время преобразования аналогового сигнала:

- 200 микросекунд; - 50 микросекунд;

- 100 микросекунд; - 25 микросекунд.

Опорное напряжение АЦП:

- 3,5 Вольта; - 2 Вольта; - 1 Вольт.

Все изменяемые параметры могут устанавливаться только через последовательный интерфейс RS485 с помощью компьютера. При автономной работе (без подключения компьютера) в АЦП установлены следующие параметры:

- подключаемый датчик- термосопротивление;

- количество разрядов – 10 бит;

- время преобразования – 200 микросекунд;

- опорное напряжение- 3,5 Вольта.

Опорное напряжение подается на АЦП от источника 5, выбор величины опорного напряжения осуществляется с помощью схемы управления 9. С выхода аналого-цифрового преобразователя цифровой сигнал поступает на светодиодный двоичный индикатор 6, на котором происходит отображение измеренного сигнала. Свечение светодиода соответствует уровню логической единицы в соответствующем разряде преобразованного сигнала, если светодиод не светится, то соответствующий разряд преобразованного сигнала соответствует уровню логического нуля. Младший бит преобразованного сигнала расположен в крайнем правой стороне индикатора, т.е нумерация бит, выводимых на индикатор, начинается справа налево.

С выхода АЦП сигнал в цифровом виде поступает на схему последовательного интерфейса 7. При подключении компьютера с помощью управляющей программы через последовательный интерфейс осуществляется считывание результатов измерения и управление режимами работы АЦП. Команды управления режимами работы подаются через последовательный интерфейс на схему управления 9, которая изменяет соответствующие параметры АЦП.

Тип подключенного датчика индицируется с помощью единичных светодиодных индикаторов 8 красного цвета, подключенных к схеме управления 9.

Схема управления 9 обеспечивает контроль, управление, индикацию режимов работы всей лабораторной установки.

Семисегментный светодиодный индикатор отображает режимы работы лабораторной установки. Расшифровка показаний индикатора приведена ниже (в конце).

23.3 Порядок проведение лабораторной работы на стенде по изучению работы АЦП

23.3.1 Изучить описание лабораторного стенда.

23.3.2 Подключить приборы и устройства в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 24.7.

23.3.3 Подать питание на лабораторный стенд.

23.3.4 Включить компьютер и запустить управляющую программу.

23.3.5 Выбрать коммуникационный порт компьютера в меню «Параметры связи».

23.3.6 Установить требуемые параметры АЦП в соответствии с индивидуальным заданием.

23.3.7 Начать измерения, нажав кнопку «Пуск».

23.3.8 Записать результаты измерений в исследуемом диапазоне температур.

23.3.9 Закончить измерения, нажав кнопку «Стоп».

23.3.10 Выйти из программы измерений нажав кнопку «Выход».

23.3.11 Оформить результаты измерений.

23.3.12 Сделать выводы о проделанной работе.

23.4 Содержание отчета

23.4.1 Название и цель работы.

23.4.2 Схемы разновидностей АЦП.

23.4.3 Схема лабораторной установки по изучению АЦП.

23.4.4 Таблица экспериментальных данных.

23.4.5 Примеры применения АЦП при автоматизации технологических процессов.

23.4.6 Выводы.

Список литературы

1. Коновалов, Л.И. Элементы и системы электроавтоматики / Л.И. Коновалов, Д.П. Петелин. – М.: Высшая школа, 1980.
2. Келим, Ю.М. Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики. – М.: Высшая школа, 1981.
3. Мясковский, И.Г. Основы автоматизации производства. – М.: Высшая школа, 1986.
4. Гинзбург, С.А. Основы автоматики и телемеханики / С.А. Гинзбург [и др.]. – М.: Энергия, 1969.
5. Кабелен, К. Прецизионные потенциометры для автоматизации. – М.: Энергия, 1969.
6. Борисов, Н.М. Автоматические устройства контроля и управления. – М.: Энергия, 1976.
7. Левшина, Е.С. Электрические измерения физических величин / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. II «Измерительные преобразователи» Энергоатомиздат, 1983.
8. Шишмарев, В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления / В.Ю. Шишмарев. М. Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
9. Гинзбург, С.А. Основы автоматики и телемеханики / С.А. Гинзбург, И.Я. Лехтман, В.С. Малов. – М.: Энергия, 1968.
10. Электрические измерения неэлектрических величин / Под ред. П.В. Новицкого – М.: Энергия, 1975.
11. Лейтман, М.Б. Нормирующие измерительные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
12. Королев, Г.В. Электронные устройства автоматики. – М.: Высшая школа, 1991.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

Клопоцкий Александр Анатольевич
Прокопеня Олег Николаевич
Олех Анна Григорьевна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ»

для студентов специальности

1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств

Часть вторая

Ответственный за выпуск **Клопоцкий А.А.**
Редактор **Боровикова Е.А.**
Компьютерная вёрстка **Кармаш Е.Л.**
Корректор **Никитчик Е.В.**

Подписано к печати 11.12.2014 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Усл. п. л. 3,26. Уч.-изд. л. 3,5. Заказ № **1071**. Тираж **50** экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267.