

Федеральное государственное образовательное  
учреждение

высшего профессионального образования

«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

ФГОУ ВПО «КГТУ»

А.Н. Румянцев

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов высших учебных заведений по специальности

220301.65 – Автоматизация технологических процессов и  
производств

Часть 1

Калининград

2010

УДК 681.5 (076)

УТВЕРЖДЕНО

Ректором Калининградского государственного технического университета, ..... 2010г.

АВТОР – Румянцев А.Н., к.т.н., доцент кафедры  
«Автоматизация производственных процессов» (АПП)  
Калининградского государственного технического университета  
(КГТУ)

Методические указания рассмотрены и одобрены на  
заседании кафедры АПП КГТУ, « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 г., протокол №  
\_\_\_ .

РЕЦЕНЗЕНТ – кафедра «Автоматизация производственных процессов»

Калининградский государственный технический университет,  
2010 г.

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

Стр.

Введение	
4	
Общие организационно-методические указания	
4	
Правила техники безопасности в лаборатории	
6	

Оформление и содержание отчета, защита лабораторной  
работы 6

Лабораторная работа №1. Синтез одноконтных систем  
управления на основе цифровой логики

8

Лабораторная работа № 2. Синтез многотактных технических  
средств автоматизации

15

Лабораторная работа №3. Исследование двух- и  
трехпозиционного регулятора температуры ТРМ-3 управления  
термокамерой 25

Лабораторная работа №4. Исследование таймера  
программно-временного управления нагрузкой

37

4.5. Лабораторная работа №5. Исследование однооборотного  
исполнительного механизма с электрическим приводом

46

## Лабораторная работа №6. Исследование плавких предохранителей

ТСА

55

Литература

67

### **Введение**

Лабораторный практикум играет важную роль при изучении дисциплины «Технические средства автоматизации» (ТСА).

Практикум позволяет проектировать, собирать, диагностировать и исследовать ТСА. Факультативно предусмотрено моделирование работы цифровых и аналоговых устройств с использованием известных прикладных программ, например, Electronic Workbench, ISaGRAF, VisSim, Proteus, Livewire и других.

Лабораторные занятия дают наглядное представление о работе реальных ТСА с возможностью самостоятельного снятия технических характеристик.

При исследовании некоторых ТСА предполагается изучение программирования на пользовательском уровне.

Лабораторный практикум реализован на современной элементной базе и включает в свой состав оборудование, используемое в промышленности.

Методические указания содержат описание 6-ти лабораторных работ с общим объемом 16 часов учебной нагрузки и предназначены для студентов специальности 220301.65 - Автоматизация технологических процессов и производств и других смежных специальностей.

### **Общие организационно-методические указания**

1. Перед началом работы в лаборатории студенты проходят инструктаж по технике безопасности и расписываются в специальном журнале.

2. Студенты организуются в бригады по два-четыре человека и самостоятельно распределяют свои обязанности при выполнении работы.

3. Бригады должны руководствоваться графиком последовательности выполнения работ, который вывешиваться в лаборатории в начале каждого семестра.

4. Как правило, к выполнению очередной работы допускаются студенты, защитившие предыдущую работу; изучившие, используя рекомендованную литературу, соответствующие разделы теоретического курса следующей лабораторной работы; имеющие

явное представление о лабораторной установке, порядке выполнения работ и ожидаемых результатах; заранее заготовивших отчет с незаполненными таблицами

для экспериментальных данных.

5. Перед подачей на стенд питающего напряжения необходимо пригласить преподавателя или заведующего лабораторией.

6. Перед снятием экспериментальных данных сначала рекомендуется бегло проверить режимы работы лабораторного стенда, чтобы убедиться в правильной работе оборудования.

7. Результаты измерений заносятся в таблицы отчета.

8. После окончания работы преподавателю предъявляются экспериментальные данные для визирования.

9. Защита лабораторных работ проводится при полном их оформлении.

10. При выполнении лабораторной работы необходимо выполнять задание на исследование, правила пользования контрольно-измерительными приборами, приведенные в инструкции по их эксплуатации.

11. После окончания работы необходимо выключить лабораторное оборудование, снять общее питающее напряжение со стенда и убрать за собой рабочее место.

## **Правила техники безопасности в лаборатории**

1. Включать лабораторный стенд только с разрешения преподавателя или заведующего лабораторией.

2. Выключать оборудование после окончания работы.

3. Ставить в известность преподавателя или заведующего лабораторией обо всех случаях обнаружения неисправного оборудования, измерительных приборов и соединительных проводов.

4. В лаборатории запрещается:

- включать и выключать коммутационное оборудование в электрощитах лаборатории;

- прикасаться к оголенным токоведущим частям установки;

- оставлять без присмотра включенный лабораторный стенд;

- использовать провода с поврежденной изоляцией.

## **Оформление и содержание отчета, защита лабораторной работы**

Оформление лабораторной работы осуществляется каждым студентом индивидуально.

Отчет оформляется на бумаге в клетку или на машинописном листе формата А4 и включает следующую информацию:

- фамилия студента, группа, номер бригады;
- название и цель работы;
- вариант задания;
- текстовую, расчетную и графическую (если требуется) части;
- электрические схемы;
- алгоритмы работы установки;
- результаты испытаний;
- выводы.

Расчетная часть включает уравнения, используемые при проведении исследований, записанные как в общем виде, так и с числовыми коэффициентами, полученными в результате измерений или предварительных вычислений.

Результаты измерений и вычислений представляются в размерностях системы СИ (система интернациональная).

Графическая часть работы выполняется в соответствии с ГОСТами, схемы и графики уточняются соответствующими надписями с обозначением сигналов, обозначением и оцифровкой координат.

## **Лабораторная работа №1**

### **Синтез однокластных систем управления на основе цифровой логики**

Время работы – 4 ч.

Цель работы - синтез однокластных (без памяти) систем управления.

#### **Задание для домашней подготовки**

1. Изучить принцип работы логических элементов И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, исключающее ИЛИ и др., реализованных на микросхемах технологий ТТЛ, ТТЛ-Ш и др. [1, 2].

2. Выписать паспортные данные интегральных микросхем К155ЛА3 и К555ЛА3. Сравнить их характеристики.

#### **Описание лабораторного стенда**

На лицевой панели стенда показаны следующие цифровые элементы с выведенными гнездами входов-выходов, реализованные на микросхемах серии К155:

- 1) 8 логических элементов 2И-НЕ;
- 2) 4 элемента 2-2И-ИЛИ-НЕ;
- 3) 2 элемента 2-2-2-2И-ИЛИ-НЕ;

- 4) 6 элементов ЗИ-НЕ;
- 5) 1 элемент 8И-НЕ;
- 6) 4 JK-триггера;
- 7) 6 RS-триггеров;
- 8) 8 элементов индикации уровней логических сигналов;
- 9) 8 тумблеров – переключателей формирователей цифровых сигналов.

10) вспомогательные устройства (генератор импульсов, формирователь импульсов «без дребезга контактов», элементы задержки на RC - компонентах);

11) коммутационные гнезда, размножители, формирователи 0 и 1, проводники с вилками.

### **Задание на исследование**

В соответствии с вариантом задания спроектировать, собрать, если необходимо сделать диагностику (найти неисправность), схему управления технологическим процессом или другого устройства.

### **Варианты заданий**

#### **Вариант 1**

Четыре электродвигателя управляются трехразрядным двоичным кодом в соответствии со следующим алгоритмом. При коде 000 все электродвигатели выключены. Весь оставшийся диапазон от 001 до 111 необходимо разбить на зоны так, чтобы одновременно могли быть включены только

2 электродвигателя. Номера включенных электродвигателей выбираются студентами произвольно. Электродвигатель включается единичным сигналом.

### Вариант 2

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП), имеющий 3 разряда, контролирует напряжение в электрической цепи от 0 до 7В. Если напряжение находится в диапазоне от 2 до 3В и от 6 до 7В включительно, то на выходе разрабатываемой схемы должен формироваться единичный логический сигнал. В остальных случаях – нулевой сигнал.

### Вариант 3

Цифровой датчик вырабатывает двоичное 3-х разрядное число пропорциональное температуре в технологическом аппарате. По информации датчика включаются 3 нагревателя одинаковой мощности. Весь диапазон 3-х разрядных чисел необходимо разбить на 4 зоны. В первой зоне, начиная с числа 000, включены все 3 нагревателя (максимальный нагрев), во второй - 2 нагревателя (средний нагрев), в третьей - 1 нагреватель (минимальный нагрев), в четвертой – все нагреватели выключены.

### Вариант 4

Спроектировать схему цифрового коммутатора 4x1 (4 входа, 1 выход) для опроса цифровых датчиков. Для выборки

датчиков в коммутаторе необходимо иметь 2 адресных входа и вход разрешения работы. Если на выходе датчика присутствует единичный сигнал, то после цифрового коммутатора он также должен оставаться единичным. Соответственно нулевой сигнал должен оставаться нулевым. При запрете работы коммутатора на его выходе должен присутствовать нулевой сигнал.

#### Вариант 5

Спроектировать схему двухразрядного двоичного сумматора с возможностью переноса результата сложения в следующий разряд. Например, для сложения двоичных чисел  $01_2 + 10_2 = 11_2$ , или  $10_2 + 10_2 = 100_2$ .

#### Вариант 6

Спроектировать схему шифратора для преобразования сигналов включения пяти исполнительных механизмов в двоичный тривиальный код. Сигнал, подтверждающий включение механизма, - единичный. При одновременном включении нескольких механизмов должен формироваться двоичный код исполнительного механизма с большим номером.

## Вариант 7

Спроектировать схему дешифратора, в котором имеется два входных двоичных разряда и четыре выходных. Выходной сигнал – «бегущая» единица.

### **Порядок выполнения задания**

Разработка схемы проводится в следующем порядке.

1. Внимательно изучается суть задания.
2. Формализуется техническое задание. Например, в виде таблицы состояний.
3. По данным таблицы составляются математические выражения с использованием аппарата алгебры логики (Булева алгебра).
4. Минимизируются (упрощаются) логические выражения с привязкой к базисным элементам лабораторного стенда.
5. Собирается схема на стенде и проверяется ее работа в соответствии с вариантом задания. Если схема работает неправильно, то делается диагностика схемы. Вносятся коррективы в схему или исключаются из работы неисправные элементы стенда.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Название работы.

2. Цель работы.
3. Вариант задания.
4. Таблицу состояний.
5. Алгебраические выражения и их минимизация.
6. Электрическую схему.
7. Результаты испытаний схемы на стенде.
8. Сведения о неисправных элементах стенда.
9. Выводы.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как работает логический элемент 2И-НЕ?
2. Как работает логический элемент 2ИЛИ-НЕ?
3. Чем отличается технология производства микросхем ТТЛ от КМОП?
4. Какие уровни сигналов в технологии ТТЛ и КМОП?
5. Как преобразовать выходные сигналы микросхем технологии ТТЛ в КМОП?
6. Как преобразовать выходные сигналы микросхем технологии КМОП в ТТЛ?
7. Как на логических элементах 2И-НЕ построить схему одноразрядного сумматора?
8. В чем заключается принцип работы одноктактных логических устройств?

9. Как влияет на работу одноконтных устройств «дребезг» контактов?

10. Как устранить «дребезг» контактов, используя логические элементы стенда?

### Элементы теории к лабораторной работе

Рассмотрим пример синтеза цифровой комбинационной схемы управления. Пусть требуется спроектировать цифровое управляющее устройство, реализующее алгоритм 3-х входного логического элемента «Исключающее ИЛИ» с использованием базиса лабораторного стенда.

Используя задание (см. выше), составляем таблицу 1 работы управляющего устройства.

Таблица 1

№ п/п	Входные сигналы			Выходные сигналы
	$X_3$	$X_2$	$X_1$	$Y_1$
1.	0	0	0	0
2.	0	0	1	1
3.	0	1	0	1
4.	0	1	1	0
5.	1	0	0	1
6.	1	0	1	0

7.	1	1	0	0
8	1	1	1	0

Для того, чтобы не пропустить ни одной комбинации, необходимо пользоваться известной формулой:  $K = 2^n$ , где  $n$  – число входов схемы;

$K$  – количество возможных комбинаций сигналов на входе схемы.

Используя данные таблицы 1, записываем логическую функцию. Выходной сигнал равный единице записывается в виде логической суммы, число членов которой равно числу единиц в столбце таблицы. Каждую сумму записываем как произведение входных сигналов для тех состояний, где функция равна 1. Если входной сигнал равен 0, то он входит в произведение со знаком инверсии. Логическая функция выглядит так

$$y_1 = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 .$$

Далее используем известные правила и законы алгебры логики (Булева алгебра):

$$x + x = x;$$

$$x + \bar{x} = 1;$$

$$x * \bar{x} = 0;$$

$$\bar{\bar{x}} = x;$$

$$x_1 + x_1 * x_2 = x_1$$

правило склеивания;

$$\overline{x_1 * x_2} = \overline{x_1} + \overline{x_2}; \quad \overline{x_1 + x_2} = \overline{x_1} * \overline{x_2} \quad \text{законы де Моргана.}$$

Преобразуем уравнение  $y_1$  из дизъюнкции в конъюнкцию для логического базиса лабораторного стенда.

$$y_1 = \overline{\overline{x_1 * x_2 * x_3} + \overline{x_1 * x_2 * x_3} + \overline{x_1 * x_2 * x_3}} =$$

$$= \overline{\overline{x_1 * x_2 * x_3} * \overline{x_1 * x_2 * x_3} * \overline{x_1 * x_2 * x_3}} =$$

$$= \overline{\overline{x_1} * \overline{x_2} * \overline{x_3} * x_1 * x_2 * x_3 + x_1 * x_2 * x_3} .$$

Используя преобразованную функцию  $y_1$ , строим логическую схему управляющего устройства (рис. 1):

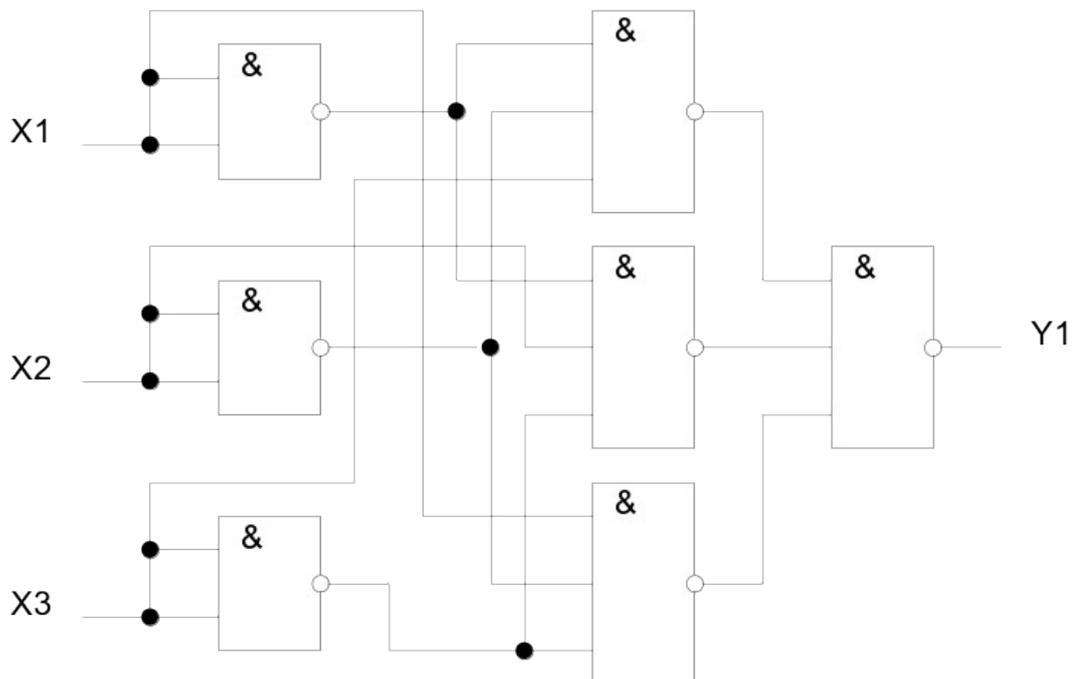


Рис. 1. Схема управляющего устройства

## **Лабораторная работа №2**

### **Синтез многотактных технических средств автоматизации**

Время работы – 2 ч.

Цель работы - синтез многотактных (с памятью) систем управления.

### **Задание для домашней подготовки**

1. Изучить принцип работы RS-, D- T-, JK- триггеров [1, 2].
2. Выписать паспортные данные интегральных микросхем K155TM2 (K555TM2) и K155TB1 (K555TB1). Изучить их работу.

### **Описание лабораторного стенда**

На лицевой панели стенда показаны следующие цифровые элементы с выведенными гнездами входов-выходов, реализованные на микросхемах серии K155:

- 1) 8 логических элементов 2И-НЕ;
- 2) 4 элемента 2-2И-ИЛИ-НЕ;
- 3) 2 элемента 2-2-2-2И-ИЛИ-НЕ;
- 4) 6 элементов 3И-НЕ;
- 5) 1 элемент 8И-НЕ;
- 6) 4 JK-триггера;

- 7) 6 RS-триггеров;
- 8) 8 элементов индикации уровней логических сигналов;
- 9) 8 тумблеров – переключателей формирователей цифровых сигналов.
- 10) вспомогательные устройства (генератор импульсов, формирователь импульсов «без дребезга контактов», элементы задержки на RC - компонентах);
- 11) коммутационные гнезда, размножители, формирователи 0 и 1, проводники с вилками.

### **Задание на исследование**

В соответствии с вариантом задания спроектировать, собрать, если необходимо сделать диагностику (найти неисправность), схему управления технологическим процессом или другого устройства.

### **Варианты заданий**

#### **Вариант 1**

Жидкости из 2-х емкостей сливаются в общий смеситель. Для слива жидкостей используются 2 соленоидных (электромагнитных) клапана, расположенных в выходных трубопроводах двух емкостей. При включении питания оба соленоидных клапана должны быть закрыты. По требованиям технологического процесса сначала необходимо нажать на кнопку 1 «Слив жидкости емкости

1». Процесс остановки слива осуществляется с помощью 2-х бинарных датчика уровня, расположенных в смесителе. Когда уровень жидкости из емкости 1 достигнет в смесителе установленного значения, на выходе 1-го бинарного датчика кратковременно появится сигнал 1. Процесс слива жидкости из емкости 1 прекращается. Далее оператор нажимает кнопку 2 «Слив жидкости емкости 2». При достижении требуемого уровня в смесителе бинарный датчик 2 кратковременно подает сигнал 1. По этому сигналу слив жидкости из емкости 2 прекращается. Необходима строгая подача жидкостей в смеситель. Всегда сначала сливается жидкость из емкости 1, а затем - 2. Если оператор допустил ошибку, то нарушение последовательности слива не должно произойти. Слив жидкости из любой емкости может быть остановлен кнопкой 3 «Слив закончить». Его снова можно начать только с 1-й емкости. Состояние клапанов индицировать светодиодами.

## Вариант 2

Для начала технологического процесса необходима готовность 3-х устройств. Эти устройства должны быть готовы в заданной последовательности. Сначала подтверждается готовность устройства 1. Это устройство формирует сначала по шине адреса 2-х разрядный код 00, а затем синхронизирующий импульс крутым передним фронтом. Потом аналогично подтверждает готовность 2-го устройства, формируя код 01 и

синхроимпульс. И, наконец, 3-е устройство - с кодом 10 и синхроимпульсом. Шина адреса общая для всех устройств и синхроимпульсы подаются по одному проводу. При выполнении вышеуказанного подготовительного алгоритма начинается технологический процесс путем нажатия кнопки «Пуск» с индикацией начала процесса светодиодом. Если подготовительные операции выполнялись не по заданному алгоритму, то включается светодиод «Нарушение подготовки». Технологический процесс останавливается кнопкой «Стоп». Для последующего запуска технологического процесса необходимо повторить указанную процедуру подготовки устройств.

### Вариант 3

Для реализации технологического процесса по сигналам задатчика сначала необходимо включение 1-го электродвигателя, затем 1-го и 2-го вместе, потом только 2-го и выключение всех. Далее цикл повторяется в указанной последовательности. Сигнал задатчика представляет собой прямоугольные импульсы, формируемые генератором стенда. Для начала процесса необходимо нажатие на кнопку «Старт», для завершения – нажатие на кнопку «Стоп». Включение каждого электродвигателя должно индицироваться светодиодом.

### **Порядок выполнения задания**

Разработка схемы проводится в следующем порядке.

1. Внимательно изучается суть задания.
2. Формализуется техническое задание. Например, в виде графа состояния.
3. Выделяются и анализируются неоднозначные вершины.
4. Записываются и преобразуются логические функции.
5. Собирается схема на стенде и проверяется ее работа в соответствии с вариантом задания. Если схема работает неправильно, то делается диагностика схемы. Вносятся коррективы в схему или исключаются из работы неисправные элементы стенда.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Вариант задания.
4. Граф состояний.
5. Логические функции.
6. Электрическую схему.
7. Результаты испытаний схемы на стенде.
8. Сведения о неисправных элементах стенда.
9. Выводы.

## Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается многотактная схема от однотоактной?
2. Как влияет «дребезг» контактов на работу многотактной схемы?
3. Как, используя логические элементы 2И-НЕ, построить RS-триггер управляемый единичным сигналом?
4. Как работает D – триггер?
5. Как, используя D – триггер, построить схему 4-х разрядного двоичного счетчика?
6. Чем отличается двоичный счетчик от двоично-десятичного?
7. Как работает кольцевой счетчик?
8. Какие функциональные устройства можно отнести к многотактным схемам?
9. Какие триггеры управляются по уровню, а какие по фронту?
10. Как работает однотоактный триггер?
11. Как работает двухтактный триггер?
12. Где в ТСА применяются многотактные цифровые устройства?

## Элементы теории к лабораторной работе

Многотактной системой управления называют систему, в которой выходной сигнал управления в любой момент времени

определяется не только входными сигналами, но и предыдущими состояниями. Многотактная система управления содержит элементы памяти, запоминающие предыдущие значения выходных сигналов. Сигналы с элементов памяти называют промежуточными. В простейшем случае, когда выходной сигнал не изменяется к предыдущему моменту времени, он может выполнять роль промежуточного сигнала. Тогда промежуточный сигнал называют выходным. Сигнал с дополнительно введенных элементов памяти называют дополнительным промежуточным сигналом.

Рассмотрим синтез наиболее часто встречающейся системы с выходными промежуточными сигналами на примере построения схемы сигнализации. Эта схема должна обеспечить зажигание лампы при превышении предельно допустимой температуры одновременно в двух точках объекта. Выключение лампы должно происходить только при уменьшении температуры до нормальной также одновременно в двух точках объекта. Сигналы о превышении температуры вырабатываются с помощью двух сигнализаторов (датчиков) температуры. Синтез системы управления с выходными промежуточными сигналами проводится в несколько этапов.

Этап 1. Построения графа состояния.

Обозначим входные сигналы с сигнализаторов температуры  $x_1$  и  $x_2$ , а выходной сигнал  $y$ . Состояние системы определяется

совокупностью состояний входных и выходных сигналов. Каждое состояние системы на графе состояний (рис. 2) изображается вершиной в виде кружка, в две верхние строчки которого проставляются значения входных сигналов, а в нижнюю – выходных.

Исходное нулевое состояние определяет вершина 1. Взаимный переход из вершины в вершину обозначается связями в виде линий без стрелок – ребрами. Однонаправленный переход между вершинами

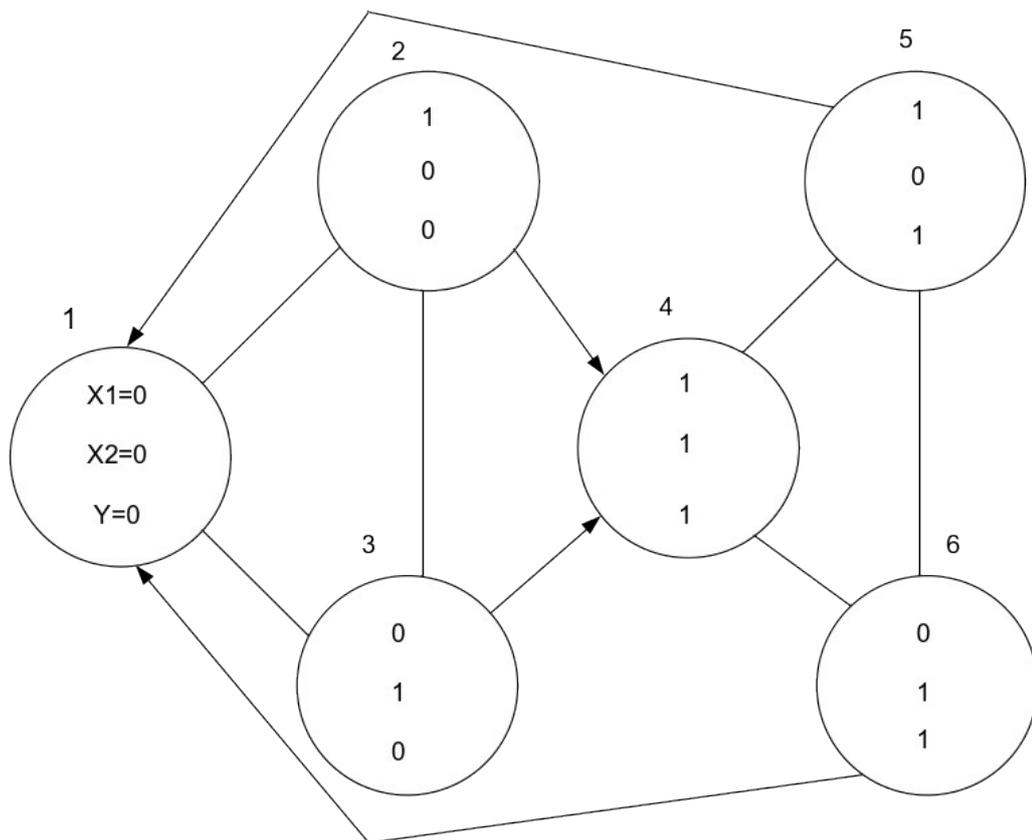


Рис. 2. Граф состояний системы сигнализации

обозначается линиями со стрелками – дугами. Например, переходы из вершин 2 и 3 к вершине 4 могут быть только

однонаправленными, т.к. при уменьшении температуры до нормального значения только в одной точке объекта лампа не должна выключаться.

Этап 2. Выделение и анализ неоднозначных вершин.

На этом этапе первоначально выделяют вершины с одинаковыми входными сигналами. Для графа состояний (рис. 2) есть две пары вершин с одинаковыми входными сигналами: 2, 5 и 3, 6. Далее находим неоднозначные вершины. Вершины с одинаковыми входными сигналами и неодинаковыми выходными - называются неоднозначными. Вершины 2 и 5, 3 и 6 являются неоднозначными. Наличие неоднозначных вершин указывает на невозможность решения задачи в виде одноконтурной схемы.

Этап 3. Запись логической функции и ее преобразование.

Логическая функция имеет следующий вид:

$$y = x_1 * x_2 * k,$$

где  $k = 0$ , для вершины, где  $y = 0$ ;

$k = 1$ , для вершины, где  $y = 1$ ;

$k = y$  для неоднозначных вершин.

Входной сигнал в логической функции записывается без знака инверсии, если он равен 1 для данной вершины, и со знаком инверсии, если он равен 0 для тех вершин, где  $y = 1$ . Далее эти функции суммируются. В данном случае можно записать:

$$y = x_1 \bar{x}_2 \bar{y} + x_1 x_2 \bar{y} + x_1 x_2 y$$

В качестве элементов памяти можно использовать одноктактные статические RS – триггеры. На лабораторном стенде установлены RS – триггеры с активными нулевыми сигналами.

В таблице 2 приведены состояния RS – триггера (таблица переходов).

Работа триггера при  $S=1$  описывается следующим выражением:

$$Q^{t+1} = \bar{R}(S + Q^t),$$

где  $Q^t$ ,  $Q^{t+1}$  – предыдущее и последующее состояния триггера;

После сигнала  $S = 0$  на выходе триггера устанавливается  $Q = 1$ , а после сигнала  $R=0$  – логический 0.

Таблица 2

Вход		Выход	Комментарий
$x_1$ (R)	$x_2$ (S)	Y (Q)	
1	1	z	Хранение информации
0	1	0	Установка 0
1	1	0	Хранение информации
1	0	1	Установка 1
1	0	1	Хранение информации

0	0	1	
---	---	---	--

$\bar{R}$  и  $S$  – входные сигналы.

При преобразовании логического выражения целесообразно привести его к виду, аналогичному выражению для RS – триггера, а именно:

$$y = x_1 * x_2 + (x_1 * \bar{x}_2 + \bar{x}_1 * x_2) * y = x_1 * x_2 + (\bar{x}_1 * \bar{x}_2 + x_1 * x_2) * y =$$

$$= x_1 * x_2 + (\bar{x}_1 * \bar{x}_2 * \bar{x}_1 * x_2) * y$$

Таким образом, сигнал на входе  $S = x_1 * x_2$ ,  $R = (\bar{x}_1 * \bar{x}_2 * \bar{x}_1 * x_2)$ .

Этап 4. Реализация системы управления в заданном базисе элементов.

Синтезированная схема сигнализации показана на рис.

3.

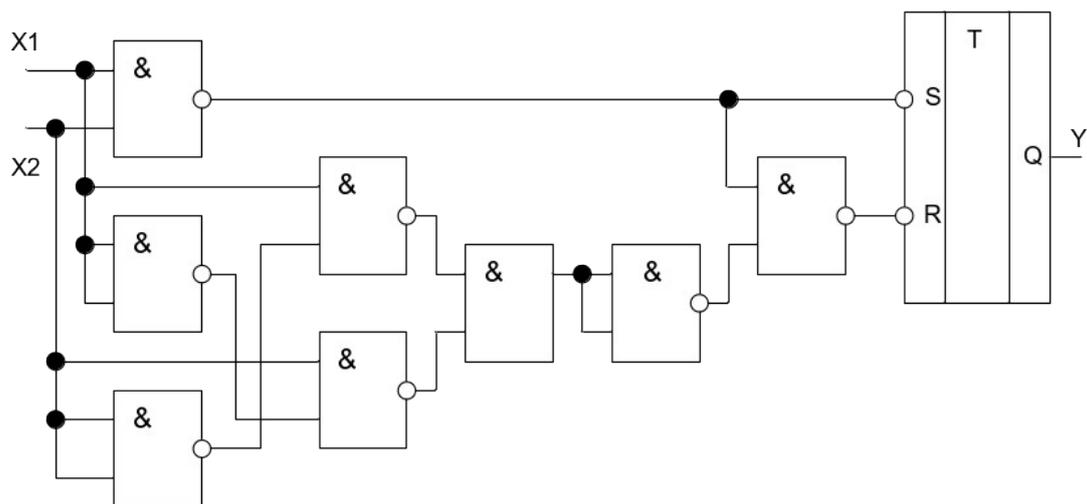


Рис. 3. Схема сигнализации

### Лабораторная работа №3

#### Исследование двух- и трехпозиционного регулятора температуры

ТРМ-3 управления термокамерой

Время работы – 2 ч.

Цель работы – изучение принципа действия двух- и трехпозиционного регулятора.

**Задание для домашней подготовки**

1. Изучить назначение и техническую характеристику микропроцессорного регулятора ТРМ-3 (см. ниже раздел «Описание работы регулятора ТРМ-3») [3].

2. Изучить порядок программирования регулятора (там же).

### **Описание лабораторного стенда**

Лабораторный стенд (рис. 4) состоит из корпуса 1, термокамеры 2, в которой установлены нагревательные элементы 3, вентилятор 4, термопреобразователь сопротивления 5, дверца 6 с выключателем нагревателей и вентилятора, лицевой панели 7, на которой установлен выключатель 8 «Сеть» с индикаторной лампой 9, сетевой предохранитель 10, переключатель мощности нагревателей 11 « $0,5P_{\text{ном}}/P_{\text{ном}}$ », терморегулятор 12 ТРМ-3.

На передней панели терморегулятора ТРМ-3 (рис. 5) установлены:

- цифровой жидкокристаллический индикатор 1 для текущего показания значения температуры;

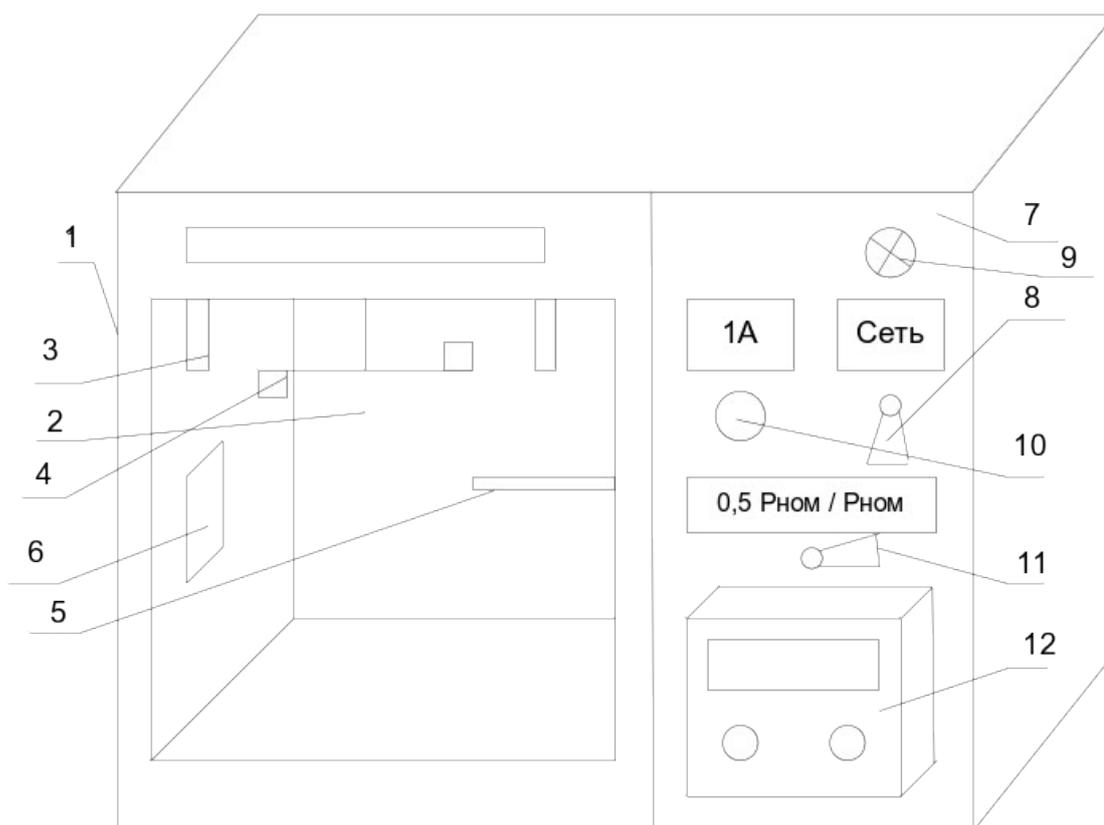


Рис. 4. Лабораторный стенд «Исследование двух- и трехпозиционного регулятора температуры TRM-3 управления термокамерой»

- 1 - корпус лабораторного стенда;
- 2 - термокамера;
- 3 – нагревательные элементы;
- 4 – вентилятор;
- 5 – термопреобразователь сопротивления с градуировкой 50М;
- 6 – дверца;

7 – лицевая панель;

8 – сетевой выключатель;

9 – индикаторная лампа «Сеть»;

10 – сетевой предохранитель;

11 – переключатель мощности нагревателей « $0,5 P_{\text{НОМ}}/P_{\text{НОМ}}$ »;

12 – микропроцессорный терморегулятор ТРМ-3.

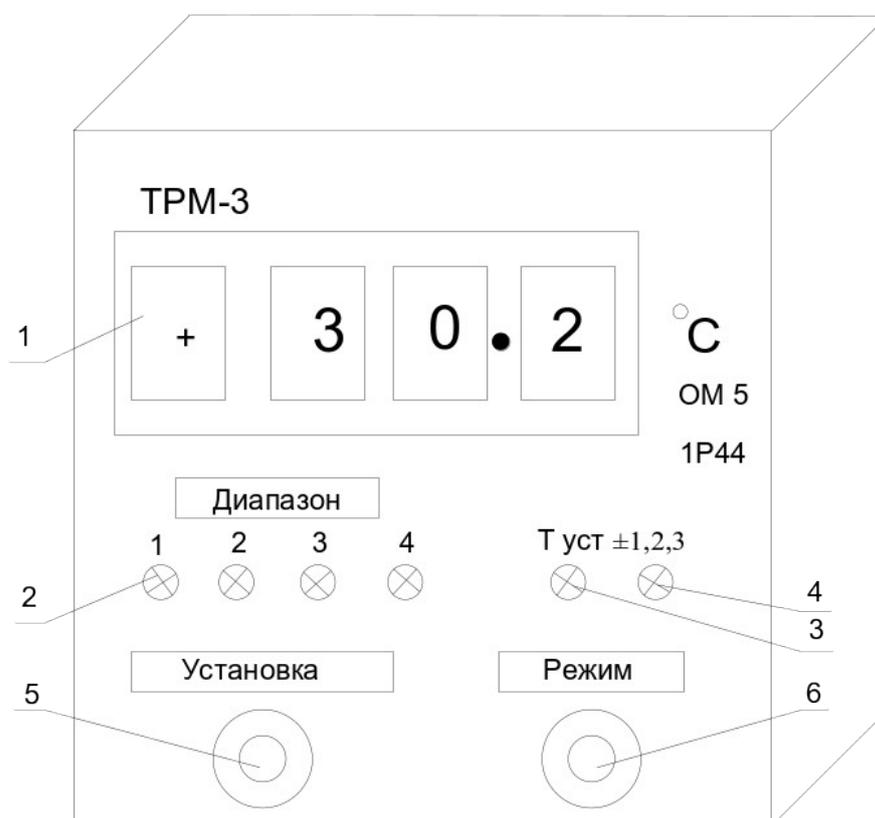


Рис.5. Панель терморегулятора ТРМ-3

1 – цифровой жидкокристаллический индикатор;

2 – индикаторы диапазонов ступеней регулирования;

3 – индикатор режима установки порога срабатывания регулятора;

4 – индикатор режима установки гистерезиса;

5 – кнопка установки значения регулируемой температуры;

6 – кнопка выбора режима работы.

- единичные индикаторы 2 (диапазон 1-4) для указания ступеней регулирования;

- индикатор 3 режима установки порога срабатывания регулятора;

- индикатор 4 режима установки гистерезиса;

- кнопка 5 установки значения регулируемой температуры;

- кнопка 6 установки режима работы.

Принципиальная электрическая схема стенда приведена на рис. 6.

### **Задание на исследование**

1. Исследовать работу 2-х и 3-х позиционного регулятора при нагреве воздуха в пустой камере.

2. Исследовать работу регуляторов при нагреве воды с объемом 200 мл.

### Варианты заданий

Вариант 1

$$T_{\text{уст}} = 30^{\circ}\text{C}; \Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = 1^{\circ}\text{C}.$$

Вариант 2

$$T_{\text{уст}} = 35^{\circ}\text{C}; \Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = 1^{\circ}\text{C}.$$

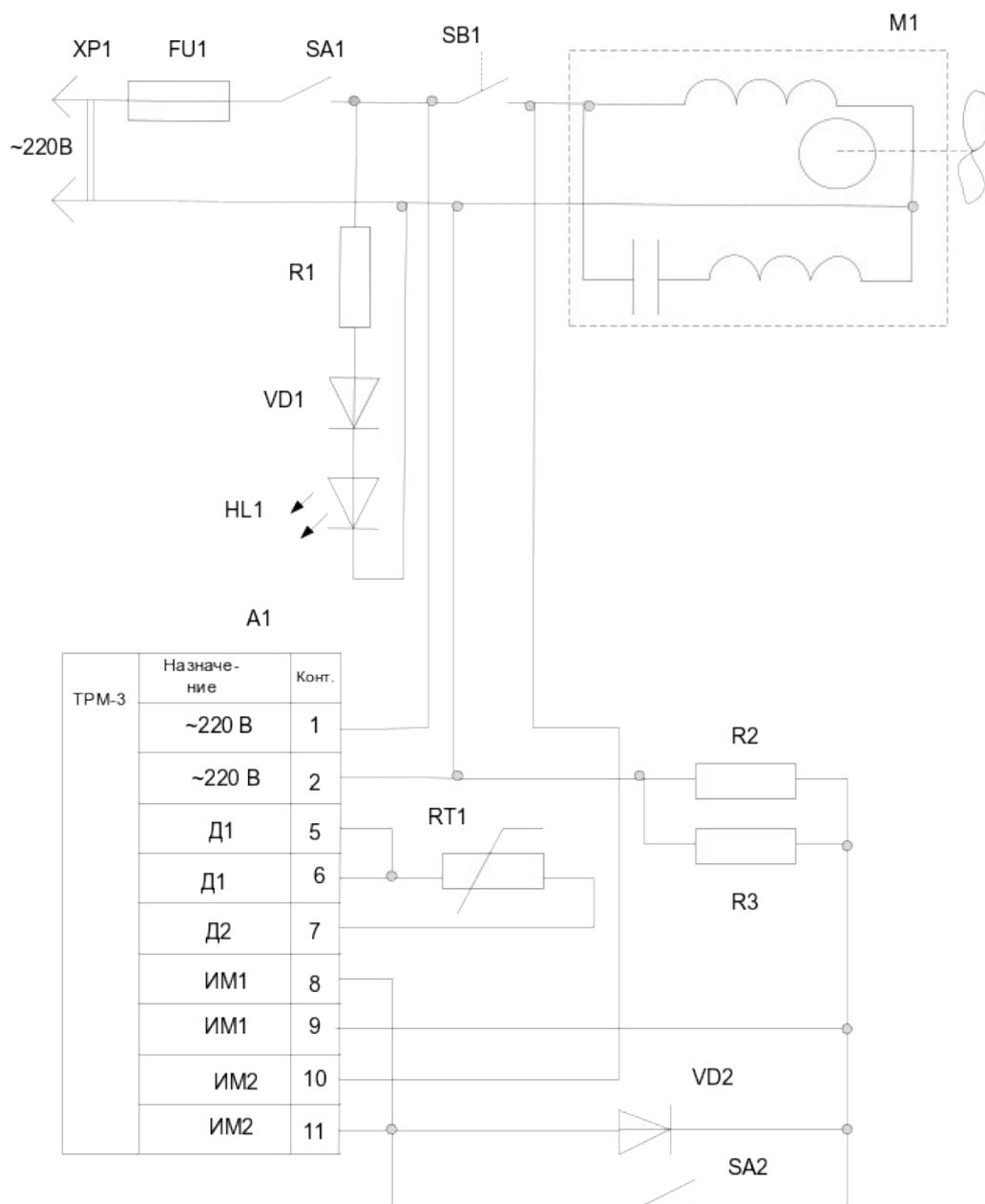


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема стенда

A1 – терморегулятор ТРМ-3;

XP1 – вилка подключения стенда к сети;

FU1 – держатель сетевого предохранителя и предохранитель;

SA1 – сетевой выключатель;

SB1 – кнопка;

M1 – электродвигатель вентилятора;

HL1 – светодиод «Сеть»;

VD1, VD2 – диоды;

RT1 – термопреобразователь сопротивления (термометр сопротивления) с градуировкой 50М;

R1 – резистор;

R2, R3 – нагреватели.

Вариант 3

$T_{уст} = 40^{\circ}\text{C}; \Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = 1^{\circ}\text{C}.$

Вариант 4

$T_{уст} = 45^{\circ}\text{C}; \Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = 1^{\circ}\text{C}.$

### **Порядок выполнения задания**

1. Запрограммировать регулятор ТРМ-3 в соответствии с полученным

вариантом задания.

2. Построить 2 графика: зависимость  $T = f(\tau)$ , где  $\tau$  – текущее время (мин),  $T$  – температура воздуха в пустой камере ( $^{\circ}\text{C}$ ) для двух- и трехпозиционного регулятора.

Режим двухпозиционного регулирования включается установкой переключателя мощности в положение  $P_{ном}$ , трехпозиционного регулирования - в положение  $0,5 P_{ном}$ .

Для измерения времени используются часы, измерения температуры воздуха в камере – индикатор регулятора ТРМ-3.

3. Установить в камеру емкость с 200 мл воды, поместить в воду спиртовой или ртутный термометр и повторить пункт 2. Построить 4 графика изменения температуры воздуха и воды при двух- и трехпозиционном регулировании.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Вариант задания.
4. Принципиальную или функциональную схему стенда.
5. Краткое описание регулятора ТРМ-3.
6. Графики зависимостей  $T = f(\tau)$ .
7. Выводы.

### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем принципиальное отличие в работе двух- и трехпозиционного регулятора?
2. Какие функции может выполнять регулятор ТРМ-3?

3. Какую характеристику имеет датчик градуировки 50М?
4. Какие типы датчиков применяются для измерения и контроля температуры?
5. Какие перспективные типы датчиков температуры применяются в настоящее время?
6. В чем заключается принцип работы регулятора ТРМ-3?
7. С какой целью используется двух- и трехпроводная схемы подключения датчика.
8. Что называется зоной возврата (гистерезисом) позиционного регулятора?
9. С какой целью в регуляторе ТРМ-3 предусмотрены 4 степени регулирования?
10. Какое назначение имеет кнопка SB1 (рис. 6) в схеме подключения регулятора?
11. Какое назначение диодов VD1 и VD2 (рис. 6) в схеме?
12. Назвать основные параметры, которые можно получить из экспериментальных графических зависимостей?
13. Какое назначение вентилятора стенда?
14. Каким способом можно увеличить динамику нагрева термокамеры?

15. Какие преимущества и недостатки имеет регулятор ТРМ-3, оснащенный микроконтроллером Intel 87C51?

### **Описание работы регулятора ТРМ-3**

#### **Назначение**

Терморегулятор микропроцессорный ТРМ-3 предназначен для четырехпозиционного регулирования температуры в подвижных и стационарных установках холодильной техники, отопления, нагрева и вентиляции, а также в других системах теплоэнергетического оборудования.

Регулятор отключает тепловую установку и обеспечивает светодиодную индикацию, если возникло короткое замыкание или обрыв провода в цепи датчика температуры.

Прибор настроен для работы с термопреобразователем сопротивления градуировки 50М.

#### **Технические характеристики**

Пределы регулируемой и контролируемой температуры, °С: -50 + 180.

Зона возврата для температуры регулирования, °С:  $\pm 0,5 \dots \pm 10$ .

Основная погрешность регулирования и контроля температуры, не более, °С:  $\pm 1$ .

Потребляемая мощность, не более, Вт: 2,5.

Способ отображения информации: цифровой.

Количество разрядов индикации: 4.

Высота знака, мм: 8.

Электропитание, В, Гц: 220, 50.

Масса прибора, не более, кг: 0,8.

Коммутируемая нагрузка, В, А: 250, 2,5.

### Устройство и принцип работы

Регулятор ТРМ-3 в комплекте с термопреобразователем сопротивления (датчиком) осуществляет позиционное регулирование температуры с цифровой индикацией. Пределы регулирования задаются температурой установки  $T_{уст}$  и тремя степенями регулирования ( $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 3$ ).

Работа ТРМ-3 пояснена таблицами 3 и 4.

Работа при повышении температуры

Таблица 3

Ступени регулирования и зоны возврата		Состояние контактов реле ТРМ-3		Состояние светодиодов			
		K1	K2	I	II	III	IV
$T_{уст}$	I	Замкнут	Замкнут	Горит	Не горит	Не горит	Не

							горит
$\pm\Delta_1$	II	Разомкнут	Замкнут	Не горит	Горит	Не горит	Не горит
$\pm\Delta_2$	III	Замкнут	Разомкнут	Не горит	Не горит	Горит	Не горит
$\pm\Delta_3$	IV	Разомкнут	Разомкнут	Не горит	Не горит	Не горит	Горит

## Работа при понижении температуры

Таблица 4

Ступени регулирования и зоны возврата		Состояние контактов реле ТРМ-3		Состояние светодиодов			
		K1	K2	I	II	III	IV
$\pm\Delta_3$	IV	Разомкнут	Разомкнут	Горит	Не горит	Не горит	Не горит
$\pm\Delta_2$	III	Замкнут	Разомкнут	Не горит	Горит	Не горит	Не горит
$\pm\Delta_1$	II	Разомкнут	Замкнут	Не горит	Не горит	Горит	Не горит
$T_{уст}$	I	Замкнут	Замкнут	Не горит	Не горит	Не горит	Горит

Примечание: 1. При 2-х позиционном регулировании ступени I и II используются в режиме «Максимальный нагрев», а III и IV – в режиме «Нет нагрева». 2. При 3-х позиционном регулировании ступень I используется в режиме «Максимальный нагрев», ступень II – «Средний нагрев», а III и IV – «Нет нагрева».

Нормальная работа регулятора ТРМ-3 возможна при условии, что

$$\pm\Delta_1 < \pm\Delta_2 < \pm\Delta_3.$$

Конструктивно регулятор ТРМ-3 выполнен в пластмассовом корпусе, состоящим из основания, панели и крышки с резиновым уплотнителем.

Элементы схемы прибора размещены на двух печатных платах, которые крепятся к панели. На лицевой панели регулятора установлены: цифровой жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), индикаторы диапазонов ступеней регулирования, порога срабатывания и гистерезиса, кнопки установки значений температуры и режимов работы.

Прибор крепится к корпусу термокамеры. Подключение внешних цепей к прибору производится с помощью клеммных колодок.

В основу работы терморегулятора ТРМ-3 положен мостовой метод измерения температуры, в одном из плеч которого включен датчик температуры. Напряжение с диагонали измерительного моста, пропорциональное значению температуры, поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), на выходах которого формируется импульсный код. Обработка информации, поступающей с выхода АЦП, кнопок «Режим» и «Установка», управление ЖКИ и исполнительными реле, осуществляется микроконтроллером Intel 87C51B. Все заданные параметры регулирования заносятся в электрически перепрограммируемое энергонезависимое запоминающее устройство, что обеспечивает их сохранность и неизменность при отключении питания прибора.

Электропитание прибора осуществляется от промышленной сети с напряжением 220В, частотой 50Гц через понижающий трансформатор. Выходное напряжение трансформатора выпрямляется, сглаживается и стабилизируется параметрическим стабилизатором напряжения.

Установка параметров регулирования ТРМ-3 выполняется следующим образом:

1. Нажимается и отпускается кнопка «Режим». При этом загорается светодиод «Т<sub>уст</sub>».

2. Кратковременно нажимается и отпускается кнопка «Установка» для установки параметров в мигающем разряде ЖКИ.

3. Для перехода в другой разряд нажимается и удерживается кнопка «Установка» до тех пор, пока нужный разряд ЖКИ не будет мигать.

4. Для установки зон возврата (гистерезиса) ( $\pm\Delta_1 < \pm\Delta_2 < \pm\Delta_3$ ) нажимается и отпускается кнопка «Режим», установка значений параметра – нажатием и отпусканием кнопки «Установка».

5. Выход из режима установки параметров в рабочий режим осуществляется кратковременным нажатием кнопки «Режим» до выполнения команды.

На ЖКИ регулятора ТРМ-3 в рабочем режиме индицируется текущее значение температуры воздуха в термокамере.

## **Лабораторная работа №4**

### **Исследование таймера программно-временного управления нагрузкой**

Время работы – 2 ч.

Цель работы – изучение принципа работы и программирования устройства установки временных интервалов управления нагрузкой.

#### **Задание для домашней подготовки**

1. Изучить назначение и техническую характеристику программируемого таймера BRILUX модель 081 (см. ниже раздел «Описание работы программируемого таймера 081»).
2. Изучить порядок программирования таймера (там же).

#### **Описание лабораторного стенда**

Лабораторный стенд (рис.7) состоит из программируемого таймера 1, корпуса 2, зуммера 3. На таймере 1 расположены жидкокристаллический цифровой индикатор 4, кнопки 5 для установки и программирования режимов работы, розетки 6 под европейский стандарт. В лабораторном стенде в качестве нагрузки

используется зуммер, который издает звуковой сигнал при подаче на него переменного напряжения 220В.

### Задание на исследование

1. Изучить все режимы работы таймера.
2. Установить текущее время и день недели.
3. Выполнить свой вариант задания.

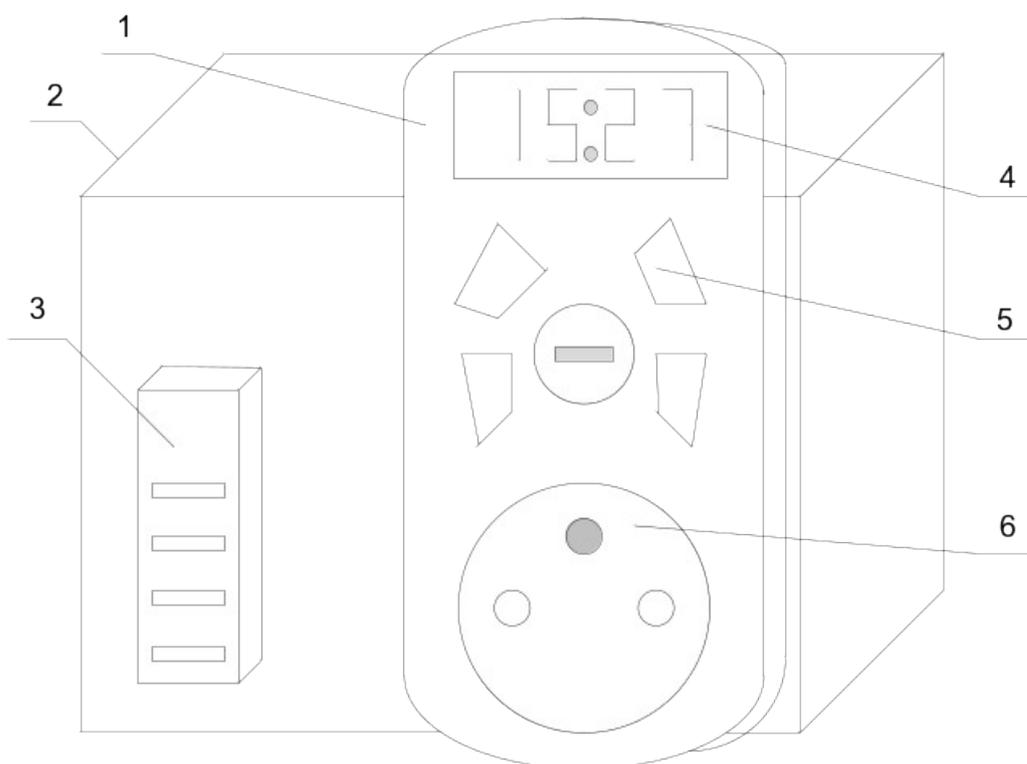


Рис. 7. Лабораторный стенд «Исследование таймера программно-временного управления нагрузкой»

1 – программируемый таймер BRILUX модель 081;

2 – корпус стенда;

3 – электромеханический зуммер;

4 – жидкокристаллический цифровой индикатор;

5 – кнопки установки и программирования режимов работы;

6 – розетка для подключения нагрузки (зуммера).

### **Варианты заданий**

Вариант 1.

Установить на индикаторе таймера текущее время и день недели.

Установить программно-временное управление зуммером по следующему алгоритму. Включить зуммер в самостоятельно выбранное время, а через 1 минуту выключить. Снова включить зуммер через 5 минут после его выключения и выключить через 2 минуты после включения.

Вариант 2.

Установить программно-временное управление зуммером по следующему алгоритму. Включить зуммер в самостоятельно выбранное время, а через 2 минуты выключить. Снова включить

зуммер через 5 минут после его выключения и выключить через 1 минуту после включения.

Вариант 3.

Запрограммировать таймер в режиме обратного счета. Установить время задержки 10 минут. После истечения указанного времени включить зуммер.

Вариант 4.

Расшифровать и активизировать заводскую программу P17 6-30 ВКЛ (ON) 7-00 ВЫКЛ (OFF). Применить ручной режим включения и выключения зуммера.

### **Порядок выполнения задания**

1. Запрограммировать таймер в соответствии с вариантом задания.
2. Получить практический результат работы.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Вариант задания.
4. Назначение программируемого таймера.
5. Выводы.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Где можно использовать режим программно-временного управления таймера?
2. Где может применяться режим обратного счета таймера?
3. Зачем нужен режим «случайного» включения и выключения нагрузки?
4. Как реализован в таймере режим летнего времени?
5. Зачем нужны батарейки в таймере?
6. Какие виды нагрузок можно подключать к таймеру?
7. Зачем в таймере имеется 6 заводских программ?
8. С какой точностью можно устанавливать время в режиме обратного счета?
9. С какой точностью можно устанавливать время в режиме программно-временного управления?
10. Почему в таймере установлен жидкокристаллический индикатор, а не светодиодный?
11. Зачем нужен ручной режим работы?

### **Описание работы программируемого таймера Brilux модель**

**081**

Таймер предназначен для программно-временного дискретного управления нагрузкой.

Основные технические характеристики таймера:

- 6 режимов работы (программирования, управление по программе, «случайный» выбор включения и выключения нагрузки, обратного счета (таймера), летнего времени и ручного управления);

- 16 включений-выключений нагрузки в сутки;

- 6 заводских программ управления;

- несложное программирование режимов работы с помощью 5 кнопок на передней панели таймера;

- переход на летнее и зимнее время с сохранением установленных программ;

- наличие на передней панели таймера светодиода для индикации команды включения нагрузки;

- резервное электропитание таймера для сохранения установленных программ при исчезновении сетевого напряжения.

Нажатием на кнопку MODE вызываются функции установки времени, режим программно-временного управления, случайного выбора, летнего времени, обратного счета (таймера), кроме режимов программирования и ручного.

Ручной режим устанавливается с помощью кнопки ON/OFF независимо от ранее установленного режима.

При нажатии на кнопку MODE выбираются по порядку функции: установка времени - слева внизу на дисплее

показывается изображение часов; программно-временной режим – AUTO; режим случайного выбора – RAND; режим обратного отсчета – изображение песочных часов; режим летнего времени – S.

Для установки времени необходимо:

1. Нажимать кнопку MODE до появления внизу слева на дисплее изображения часов. Номер дня недели (1- понедельник; 2- вторник и т.д. должен пульсировать).

2. Нажимать на кнопку SET до установки текущего дня недели.

3. Нажать и удерживать кнопку ENTER, пока не начнет мигать индикатор часов. Нажимая далее на кнопку SET установить текущий час.

4. Нажать и удерживать кнопку ENTER, пока не начнет мигать индикатор минут. Затем установить кнопкой SET текущее время в минутах.

5. Снова нажать на кнопку ENTER.

6. Для выхода из режима установки времени необходимо нажать кнопку MODE.

### **Режим программно-временного управления**

В этом режиме таймер по программе выполняет включение и выключения нагрузки, подключенной в его розетку.

Для активации этого режима необходимо, нажимая на кнопку MODE, добиться появления на дисплее символа AUTO. Таймер обеспечивает возможность 16 включений и выключений нагрузки в течение суток и 112 включений и выключений в неделю.

В таймере на заводе изготовителе установлены 6 программ, которые обозначаются P17...P22. Пользователь не может модифицировать (изменять) эти заводские программы.

Перечень программ приведен ниже.

P17 6-30 ВКЛ (ON) 7-00 ВЫКЛ (OFF)

P18 7-00 ВКЛ (ON) 7-30 ВЫКЛ (OFF)

P19 7-30 ВКЛ (ON) 8-00 ВЫКЛ (OFF)

P20 18-00 ВКЛ (ON) 19-00 ВЫКЛ (OFF)

P21 19-00 ВКЛ (ON) 20-00 ВЫКЛ (OFF)

P22 20-00 ВКЛ (ON) 21-00 ВЫКЛ (OFF).

Если временные интервалы разных программ накладываются друг на друга, то приоритет имеет программа с более высоким номером, выключение нагрузки имеет приоритет перед включением.

### **Режим программирования**

В этом режиме пользователь может изменить параметры программно-временного управления и установить новые. Для

входа в режим программирования сначала надо установить режим программно-временного управления AUTO и нажать кнопку PROG. На дисплее (индикаторе) появится надпись P01 (программа 1), AUTO, прочерки и изображение лампы в правой части дисплея. Если в течение примерно 15 с кнопки не нажимаются, то произойдет возвращение в программно-временной режим.

Далее:

1. Нажать в режиме AUTO кнопку PROG, а затем кнопку ENTER.
2. Нажатием кнопки ENTER устанавливаются режимы установки дня недели, часа, минут. Активизация режима подтверждается миганием соответствующего символа. Для установки требуемого параметра нажимается кнопка SET. Удерживая нажатой кнопку SET, скорость установки параметра увеличивается. Изображение лампы в правой части дисплея сигнализирует о времени включения нагрузки.
3. Нажатием кнопки PROG устанавливаем аналогично время выключения нагрузки. Индикатор выключения нагрузки изображается символом перечеркнутой лампы в правой части дисплея.
4. Затем нажимается кнопка PROG. На дисплее появляется символ следующего по порядку номера программы. Примерно через 15 с включится программно-временной режим или можно выйти из режима программирования, нажав кнопку MODE.

5. Для стирания прежних установок в режиме программирования в нужном месте нажимается кнопка ON\OFF.

6. Программы P17...P22 активизируются нажатием кнопки ON\OFF.

### **Режим случайного выбора**

В этом режиме квазислучайным образом будет включаться нагрузка 4..12 раз в сутки продолжительностью 5...60 минут, имитируя присутствие человека в помещении.

Для установки режима необходимо нажимать кнопку MODE до появления символа RAND на дисплее. Для выхода из этого режима нажимается кнопка MODE или ON\OFF.

### **Режим ручного управления**

Режим ON\OFF вручную включает и выключает нагрузку. Ручной режим индицируется символом руки в правой части дисплея.

### **Режим обратного счета (режим таймера)**

После старта начинается обратный счет времени. По достижению нуля включается или выключается нагрузка.

Необходимо:

1. Нажатием кнопки MODE добавляются изображения песочных часов в нижней части дисплея.

2. Одноразовое нажатие кнопки SET вызывает увеличение времени на 10 минут. Нажатие кнопки ENTER запускает режим таймера. Символ песочных часов мигает. Перечеркнутая лампа в правой части дисплея показывает, что после истечения установленного времени включится нагрузка. Если символ лампы – нагрузка отключится. Установить начальное состояние нагрузки можно кнопкой ON/OFF, а затем перейти в режим установки таймера.

3. Нажатие кнопки ENTER вызывает индикацию часов, режим таймера сохраняется. Повторное нажатие показывает оставшееся время таймера.

### **Режим летнего времени**

Надо:

1. Нажимать кнопку MODE до появления на дисплее символа S.

2. Нажатием кнопки ENTER устанавливается режим летнего времени. В левой верхней части дисплея появляется символ S. Это означает, что включено летнее время и часы передвигаются вперед на 1 час. Повторное нажатие возвращает время на 1 час назад.

### **Ручной режим**

Нажатием на кнопку ON/OFF можно включать или выключать нагрузку.

Ручной режим сигнализируется изображением руки на экране дисплея.

Рекомендации пользователю.

Эксплуатировать и хранить таймер можно при температуре от 0 до +40°C.

Не подключать неисправные нагрузки.

Не эксплуатировать таймер в условиях большой запыленности.

Для замены батарей открывается задняя крышка таймера и в контейнер устанавливаются две батарейки стандарта AAA с напряжением 1,5В каждая.

## **Лабораторная работа №5**

### **Исследование однооборотного исполнительного механизма с электрическим приводом**

Время работы – 2 ч.

Цель работы – изучение принципов работы, управления и подключения исполнительных механизмов.

### **Задание для домашней подготовки**

1. Изучить назначение и техническую характеристику однооборотного исполнительного механизма (ИМ) с электрическим приводом типа 52342, 0120/TV. (см. ниже раздел «Описание работы исполнительного механизма 52342, 0120/TV.») [4].
2. Изучить принципиальную электрическую схему ИМ.
3. Изучить варианты подключения ИМ к другим ТСА.

### **Описание лабораторного стенда**

Лабораторный стенд (рис. 8) состоит из панели управления ИМ 1, однооборотного исполнительного механизма 2, съемной крышки ИМ 3, колена трубопровода 4, основания стенда 5, коробка с проводкой 6 и поворотной заслонки 7.

На передней панели управления ИМ установлены 4 индикаторные лампы (или светодиоды) 1 для указания положения поворотной заслонки,

кнопки управления открыванием 2 и закрыванием 3 поворотной заслонки, клеммная колодка 4 для подключения измерительного прибора(омметра) или входа ТСА, переключатель 5 на три положения для полного открытия или закрытия заслонки с

приоритетной командой, индикаторная лампа 6 наличия сетевого напряжения на стенде, держатель 7 плавкого предохранителя, тумблер 8 «Сеть» для подачи питающего напряжения на стенд.

### Задание на исследование

Исследовать возможные на лабораторном стенде режимы работы ИМ.

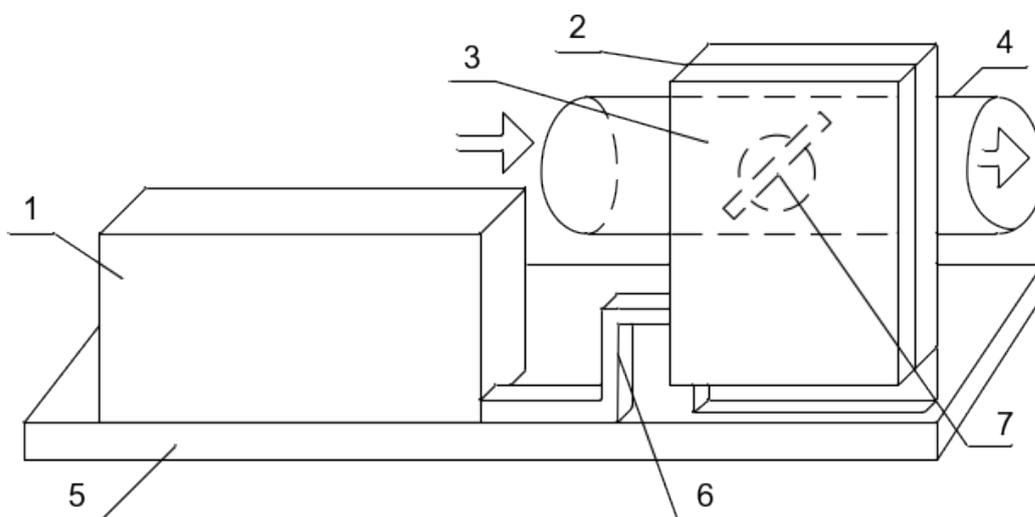


Рис. 8. Лабораторный стенд «Исследование однооборотного ИМ с электрическим приводом»

- 1 – панель управления ИМ;
- 2 – однооборотный ИМ;
- 3 – съемная крышка ИМ;
- 4 – колени трубопровода;
- 5 – основание стенда;
- 6 – короб с проводкой;
- 7 – поворотная заслонка.

Вид передней панели управления ИМ показан на рис. 9.

### Порядок выполнения задания

1. Включить лабораторный стенд тумблером «Сеть». Наличие питающего напряжения индицирует лампа «Сеть».

2. Установить переключатель подачи команды 5 (рис. 9) поворота заслонки в положение «Закрыто». При этом убедиться, что заслонка начала движение.

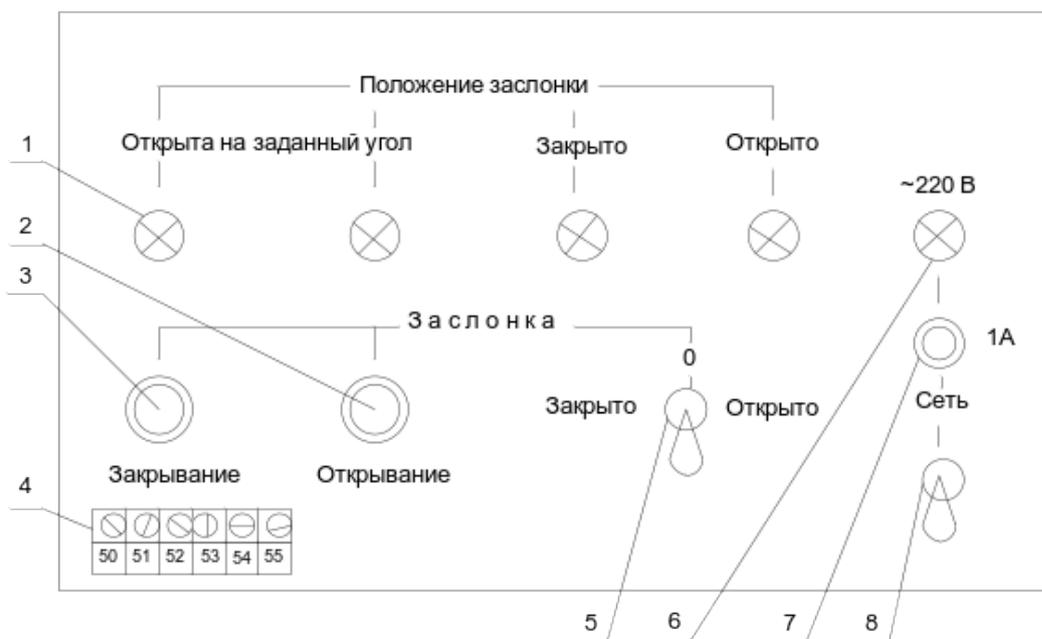


Рис. 9. Вид передней панели управления ИМ

- 1 - индикаторные лампы положения поворотной заслонки;
- 2 кнопка подачи команды «Открытие заслонки»;
- 3 кнопка подачи команды «Закрывание заслонки»;

4 клеммная колодка выводов потенциометрических датчиков положения поворотной заслонки;

5 переключатель подачи команды поворота заслонки;

6 индикаторная лампа сетевого напряжения;

7 держатель плавкого предохранителя на ток 1 А;

8 тумблер «Сеть».

3. В закрытом положении заслонки включается индикаторная лампа «Закрыто» и электродвигатель обесточивается.

4. Перевести переключатель подачи команды в положение «Открыто» и убедиться, что заслонка начала движение в обратную сторону.

5. Измерить время перевода заслонки и положения «Закрыто» в «Открыто» и наоборот.

6. Нажимая поочередно на кнопки 2 и 3, убедиться, что заслонка останавливается на заданном угле.

7. Открыть съемную крышку исполнительного механизма.

**Внимание! Внутри ИМ имеется высокое напряжение ~220В опасное для жизни человека, поэтому пункт 6 выполняется под присмотром преподавателя.** Найти внутри стрелочный указатель угла открытия заслонки. Подключить к контактам клеммной колодки 4, расположенной на передней панели управления измерительный прибор (омметр). Управляя поворотом заслонки

построить графики зависимости сопротивления потенциометрических датчиков от угла поворота заслонки.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Принципиальную электрическую схему ИМ.
4. Принципиальную электрическую схему стенда.
5. Графики зависимостей сопротивления потенциометрических датчиков от угла поворота заслонки.
6. Выводы.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Где применяются однооборотные ИМ в пищевой промышленности?
2. Что обозначают данные, приведенные на заводской этикетке ИМ?
3. Какое назначение потенциометрических датчиков ИМ? Почему их два?
4. Каким образом меняется направление движения поворотной заслонки?
5. Какое назначение переключателей KPZ и KPO ИМ?
6. Какое назначение переключателей SO и SZ ИМ?

7. Какие технические характеристики имеет приводной электродвигатель?
8. Как программируется фиксированное текущее положение поворотной заслонки?
9. Какими сигналами управляется ИМ?
10. Какое назначение резистора R ИМ?
11. Какое назначение конденсатора С ИМ?
12. Что означает «переключатель «Открыто» - «Закрыто» с приоритетной командой»?
13. Как преобразовать сигнал потенциометрического датчика в унифицированный токовый сигнал?

### **Описание работы однооборотного ИМ**

#### **с электрическим приводом типа 52342, 0120/TV**

Однооборотный ИМ с электрическим приводом предназначен для перемещения регулирующего органа (РО) (заслонок, задвижек и т.д.) с постоянной скоростью в автоматических системах регулирования технологическими процессами.

Принцип работы ИМ заключается в преобразовании электрической энергии во вращательное движение выходного вала.

Основные функции ИМ:

- автоматическое или ручное дистанционное перемещение РО;
- остановка РО в нужном промежуточном положении;
- позиционирование РО трубопроводной арматуры в любом промежуточном положении;
- формирование сигнала о текущем положении РО.

Основные параметры ИМ:

- номинальный крутящий момент на валу (Н\*м);
- диапазон угла поворота вала (град.);
- время полного поворота вала (с);
- род тока;
- число фаз;
- питающее напряжение, частота.

На заводской этикетке ИМ 52342, 0120/TV приведены данные, показанные на рис. 10.

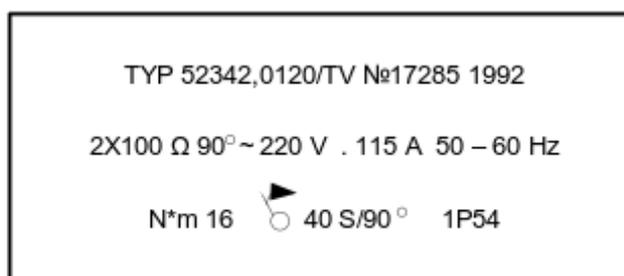


Рис. 10. Заводская этикетка ИМ 52342, 0120/TV

Принципиальная электрическая схема ИМ приведена на рис.

11.

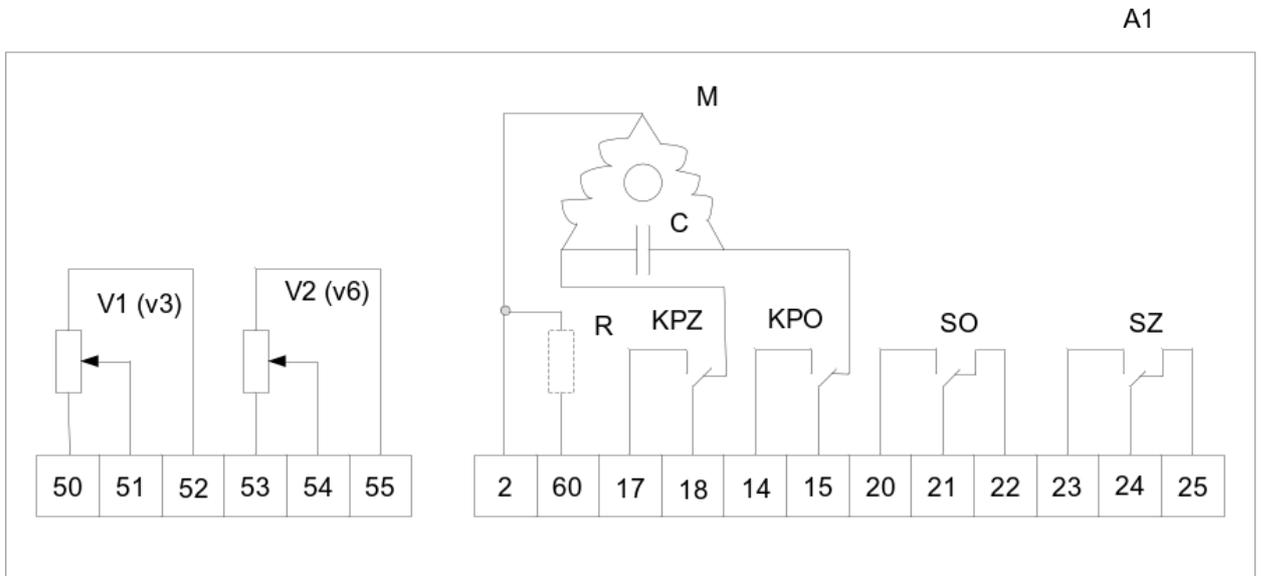


Рис. 11. Принципиальная электрическая схема  
однооборотного ИМ

с электрическим приводом

A1 – исполнительный механизм;

M – электродвигатель NACHOD 1~, FST 2B54D 4W, 220V, 50 Hz;

C – фазосдвигающий конденсатор 2,0X450V;

R – дополнительный резистор (не установлен);

KPZ – конечный выключатель «Заслонка закрыта»;

KPO – конечный выключатель «Заслонка открыта»;

SO – промежуточное положение заслонки «Заслонка  
приоткрыта»;

SZ – промежуточное положение заслонки «Заслонка  
призакрыта».

Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда приведена на рис. 12.

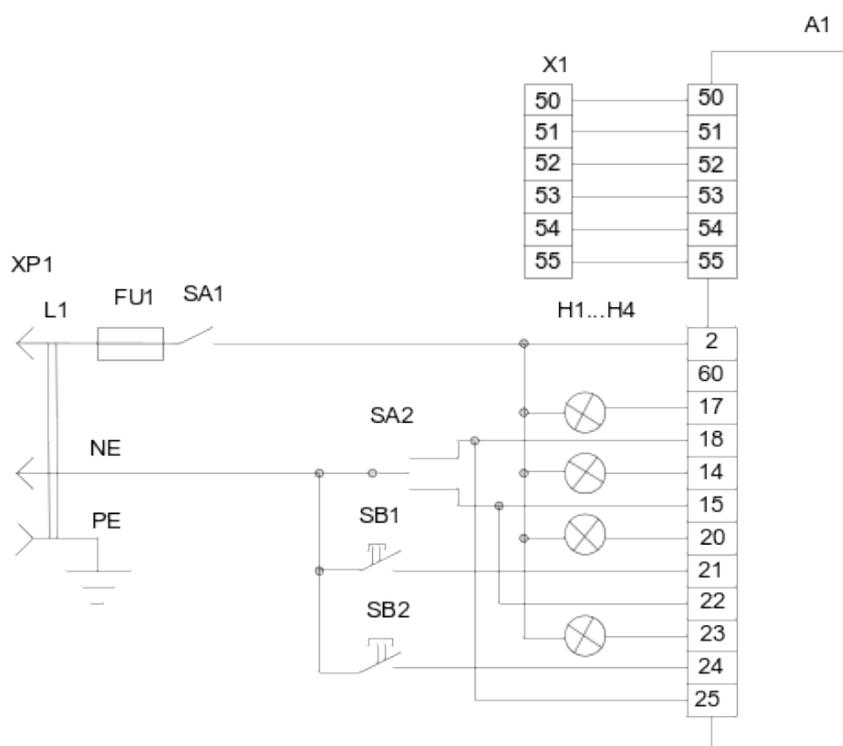


Рис. 12. Принципиальная электрическая схема стенда

A1 – ИМ;

XP1 – сетевая вилка;

X1 – клеммная колодка на передней панели управления;

L1 – фаза;

NE – рабочая нейтраль;

PE – защитная нейтраль;

FU1 – плавкий предохранитель 1А;

SA1 – сетевой выключатель;

SA2 – переключатель «Открыто – Закрыто»;

SB1, SB2 – кнопки «Открывание», «Закрывание»;

H1...H4 – лампы «Закрыто», «Открыто», «Открыто на заданные углы».

## **Лабораторная работа №6**

### **Исследование плавких предохранителей ТСА**

Время работы – 2 ч.

Цель работы – исследование характеристик плавких предохранителей, применяемых в ТСА, и медной проволоки разного диаметра.

#### **Задание для домашней подготовки**

1. Изучить принцип работы, характеристики и конструкции плавких предохранителей.
2. Изучить принцип действия источника тока для исследования предохранителей.

#### **Описание лабораторного стенда**

Лабораторный стенд (рис. 13) состоит из источника тока 1 тестирования плавких предохранителей, панели 2 установки трубчатых предохранителей и закрепления проволоки, набора предохранителей для исследования, медной проволоки разного

сечения (диаметра), микрометр, секундомер, монтажный инструмент (бокорезы).

На панели 12 расположены:

розетки для подключения разных типов предохранителей;

зажимы для закрепления медного провода для пережигания.

На передней панели источника тока 1 расположены:

кнопка 2 подачи тока на предохранитель;

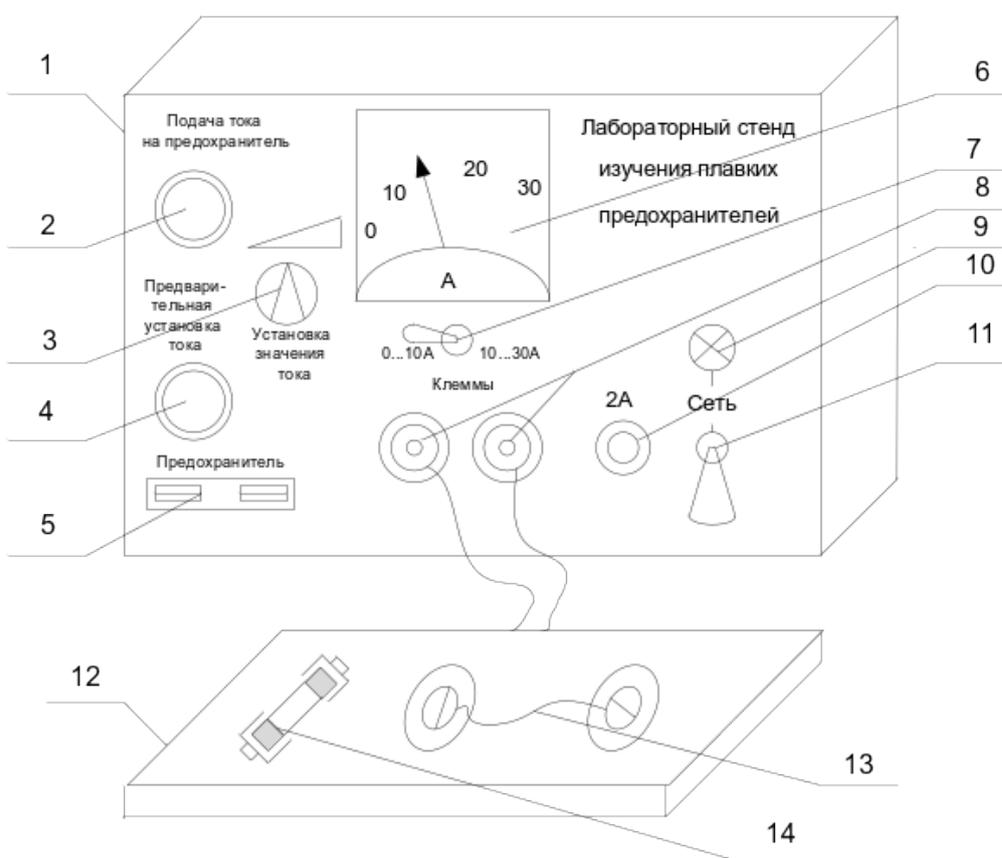


Рис. 13. Лабораторный стенд «Исследование плавких предохранителей ТСА»

- 1 – источник тока тестирования плавких предохранителей;
- 2 – кнопка подачи тока на предохранитель;
- 3 – ручка плавной установки тока;
- 4 – кнопка предварительной установки тока;
- 5 – розетка для установки предохранителя ножевого типа;
- 6 – измерительный прибор «Амперметр»;
- 7 – переключатель диапазона установки тока «0...10А/10...30А»;
- 8 – зажимы для подключения проводки;
- 9 – индикаторная лампа «Сеть»;
- 10 – предохранитель источника тока 1А;
- 11 – сетевой выключатель;
- 12 – панель установки трубчатых предохранителей и проволоки;
- 13 – проволока для пережигания;
- 14 – трубчатый предохранитель.

ручка 3 плавной установки тока;

кнопка 4 предварительной установки тока;

розетка 5 для установки предохранителя ножевого типа;

измерительный прибор «Амперметр» 6;

переключатель 7 диапазона установки тока «0...10А/10...30А»;

зажимы 8 для подключения проводки;

индикаторная лампа «Сеть» 9;

предохранитель 10 источника тока 1А;  
сетевой выключатель 11.

### **Задание на исследование**

Исследовать характеристики плавких предохранителей разных типов и медной проволоки разного диаметра.

### **Порядок выполнения задания**

1. Выбрать медную проволоку и микрометром измерить ее диаметр.
2. Закрепить медную проволоку на панели 12.
3. Включить источник тока 1 сетевым выключателем 11. Индикаторная лампа 9 «Сеть» покажет наличие питающего напряжения на стенде.
4. Установить тестовый (испытательный) ток, подаваемый на предохранитель. Для этого установить переключатель 7 диапазон тока в положение «0...10А». Далее нажимая и удерживая кнопку 4 «Предварительная установка тока» и поворачивая ручку 3 «Установка значения тока», установить требуемое значение тока по амперметру 6.
5. Нажать на кнопку 2 «Подача тока на предохранитель». Используя секундомер, зафиксировать время перегорания проволоки. Подавать ток на предохранитель не более 10 с. Если медная проволока не перегорела, то установить большее значение тестового тока и повторить эксперимент. Добиться, чтобы

провода перегорела в течение нескольких секунд и мгновенно. Экспериментальные данные занести в таблицу 5.

6. По очереди установить на лабораторный стенд разные типы предохранителей с разными номинальными токами и провести их испытание. При этом руководствоваться информацией, приведенной

в разделе «Описание работы и характеристики плавких предохранителей».

Экспериментальные данные поместить в таблицу 6.

Таблица 5

№ п/п	Диаметр медной проволоки, мм	Сечение проволоки, мм <sup>2</sup>	Тестовый ток, А	Время перегорания, с	Комментарий
1.					Не перегорает
2.					
3.					
4.					Мгновенно перегорает
5.					Не перегорает
6.					
7.					
8.					Мгновенно перегорает
9.					Не перегорает
10.					
11.					
12.					Мгновенно перегорает

Таблица 6

№ п/п	Тип предохранителя с номинальным током, А	Тестовый ток, А	Время перегорания, с	Комментарий
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

### Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Вид лабораторного стенда.
4. Таблицы с экспериментальными данными и комментариями.
5. Графики токовременных характеристик автомобильных предохранителей.
6. Выводы.

### Вопросы для самопроверки

1. Где применяются плавкие предохранители? Какие у них преимущества и недостатки по отношению к другим защитным устройствам?
2. Какой принцип действия одноэлементного плавкого предохранителя?

3. Какой принцип действия двухэлементного плавкого предохранителя?
4. Из каких частей состоит плавкий предохранитель? Из каких материалов изготавливается плавкая вставка?
5. Как устанавливаются плавкие предохранители в электрооборудовании?
6. Что называется номинальным током предохранителя?
7. Что обозначает напряжение, написанное на предохранителе?
8. Почему предохранители выпускаются разной длины?
9. Зачем плавкие предохранители разделены на классы?
10. Какую информацию можно получить с графика токовременной характеристики предохранителя?
11. Почему флажковые предохранители предпочтительнее трубчатых?
12. Зачем цветом дублируют номинальный ток предохранителя?
13. Почему важно знать падение напряжения на предохранителе и как его правильно измерять?
14. Каким способом ускоряют срабатывание плавкого предохранителя?
15. К чему может привести неисправность плавкого предохранителя?
16. Зачем применяется иерархическая схема включения предохранителей в электрическую цепь?

## **Описание работы и характеристики плавких предохранителей**

Плавкие предохранители (ПП) предназначены для защиты электрических цепей от короткого замыкания и перегрузок. ПП одноразового действия. После срабатывания (перегорания) заменяются аналогичными по конструкции и характеристикам. Большинство плавких предохранителей устанавливается в держателях (розетках или вилках) для их быстрой замены. Предохранители имеют разную конструкцию и технические характеристики и используются практически во всех электрических цепях. В лабораторной работе исследуются только плавкие предохранители, применяемые в электронном оборудовании ТСА и в автотранспортных средствах. Автомобильные флажковые (с ножевыми выводами) предохранители оказались наиболее удачными по своим конструктивным и техническим характеристикам и их начинают применять не только в автомобилестроении, но и в промышленной автоматике, малых летательных аппаратах и катерах, технологическом оборудовании, электроинструменте и т.д.

ПП состоит из плавкой вставки, изолятора и контактных соединений, поэтому ПП часто называют коммутационным электрическим элементом. В основном ПП устанавливаются в разъемы-розетки, зажимаются винтовыми или болтовыми соединениями или пайкой.

На рис. 14 показаны виды некоторых типов ПП ТСА.



Рис. 14. Виды некоторых типов ПП ТСА

На рис. 15 показаны виды некоторых автомобильных ПП.



Рис. 15. Виды некоторых автомобильных ПП

На рис. 16 показаны виды некоторых держателей ПП.



## Рис. 16. Виды некоторых держателей ПП

Рассмотрим основные технические характеристики ПП:

1. Номинальный ток. Номинальный ток плавкого предохранителя не должен превышать максимальный ток электрической цепи. Если цепи предохранителя установлены потребители, у которых пусковой ток в разы превышает номинальный (например, электродвигатель), то необходимо выбирать предохранитель соответствующего класса.

2. Номинальное напряжение. Напряжение электрической цепи, в которой установлен предохранитель. Например, если на предохранителе указано напряжение 1000В, то его можно использовать в электрических цепях с напряжением не более 1000В. Автомобильные предохранители могут работать в электрических цепях с напряжением 32 или 42В. Предохранители для электрических цепей не более 1000В называются низковольтными. Длина предохранителя зависит от значения напряжения электрической цепи.

3. Классы предохранителей:

- а) аМ – предохранители для защиты электродвигателей и кабелей;
- б) аR – предохранители для защиты полупроводниковых приборов от коротких замыканий;

- в) gB – быстродействующие предохранители общего применения, пригодные для эксплуатации в шахтном оборудовании;
- г) gG – универсальные предохранители широкого применения для защиты кабелей, электродвигателей, трансформаторов и конденсаторов;
- д) gR – предохранители для защиты полупроводниковых приборов с токами меньше 100А;
- е) gRL – предохранители для одновременной защиты полупроводниковых приборов и кабелей двойного действия;
- ж) gTr – предохранители для защиты силовых трансформаторов.

#### 4. Разновидности предохранителей.

а) одиночные (одноэлементные) предохранители быстро реагируют на короткое замыкание, но медленно на перегрузку по току;

б) предохранители двойного действия (двухэлементные) срабатывают быстро и при коротком замыкании и при перегрузке, потому что имеют на плавкой вставке участки, реагирующие на любые возмущения.

#### 5. Токовременная характеристика предохранителей.

На рис. 17 показана токовременная (амперсекундная) характеристика автомобильных предохранителей.

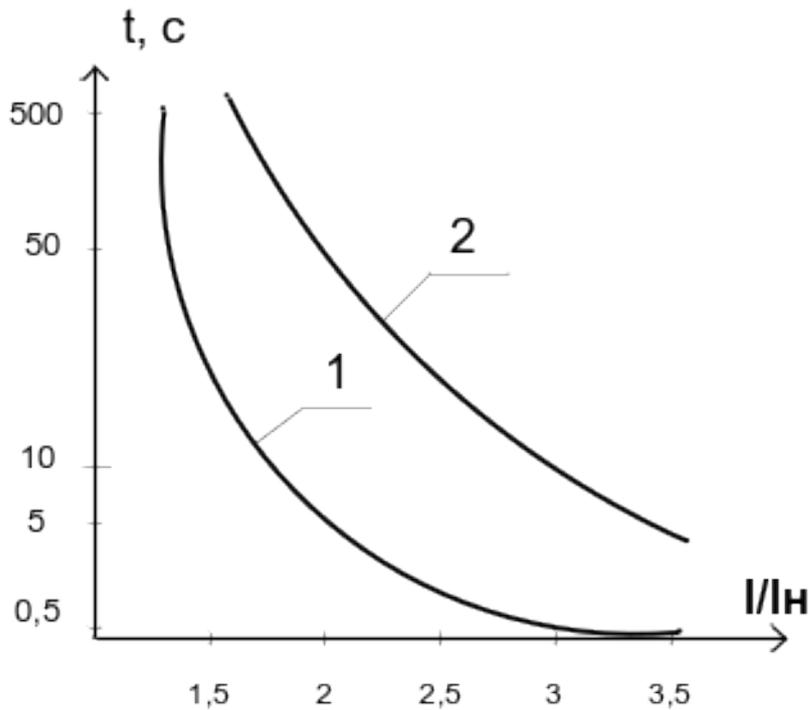


Рис. 17. Токовременная характеристика автомобильных предохранителей

1 – ножевой предохранитель;

2 – трубчатый предохранитель.

6. Падение напряжение на предохранителе. Для автомобильного предохранителя с номиналом 15А с ножевыми контактами максимальное падение напряжения должно составлять не более 150 мВ, для 30А – не более 115 мВ; для трубчатого предохранителя с номиналом 8А – не более 80 мВ. Напряжение измеряется на клеммах держателя предохранителя.

На рис. 18 показана иерархическая схема включения предохранителей в системах электрооборудования, электрощитах и т.д.

7. Цвет автомобильных предохранителей. Номинальные значения тока автомобильных ПП флажкового типа указываются на предохранителе. Кроме

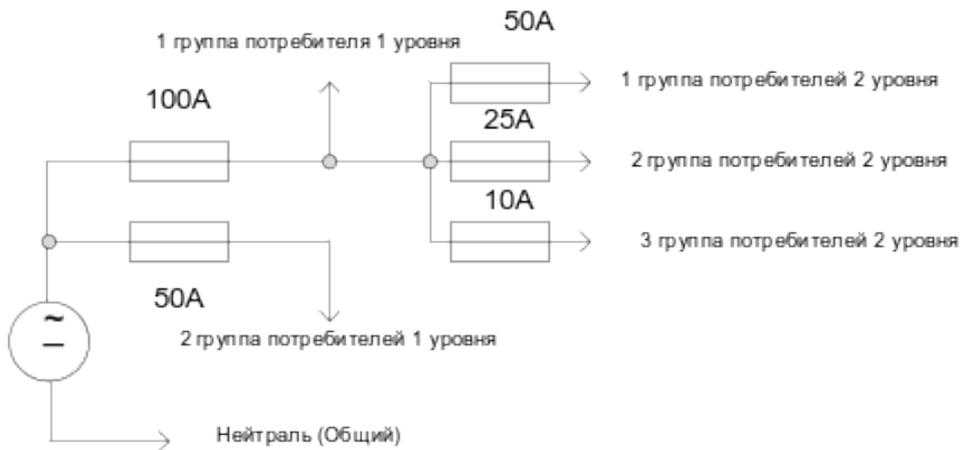


Рис. 18. Иерархическая схема включения предохранителей в системах электрооборудования

этого цвет изолятора окрашивается в соответствующий цвет. В таблице 7 показаны цвета предохранителей.

Таблица 7

Номинальный ток предохранителя, А	Цвет изолятора предохранителя	Номинальный ток предохранителя, А	Цвет изолятора предохранителя
1	черный	25	белый
2	серый	30	зеленый
3	фиолетовый	35	светло-фиолетовый
4	розовый	40	оранжевый

5	оранжево-желтый	60	голубой
7,5	коричневый	70	коричневый
10	красный	80	светло-желтый
15	голубой	100	сиреневый
20	желтый		

### Расчёт проводников для плавких предохранителей

Ток плавления  $I_n$  в плавкой вставке (предохранителе) для малых токов ( $d=0,02 - 0,2$  мм) можно рассчитать по формуле:

$$I_n = \frac{d - 0,005}{k},$$

где:  $d$  – диаметр проводника, мм;

$k$  – коэффициент, зависящий от материала проводника (см. таблицу 8).

Таблица 8

Материал проводника	Коэффициент		Материал проводника	Коэффициент	
	$k$	$m$		$k$	$m$
Алюминий	-	59,2	Железо	0,127	24,6
Константан	0,07	-	Медь	0,034	80
Никелин	0,06	40,8	Олово	-	12,8

Для больших токов ( $d > 0,2$ ) применяется формула

$$I_n = m * \sqrt{d^3},$$

где:  $m$  – коэффициент, зависящий от материала проводника (см. таблицу 8).

Часто определяют диаметр проводников. Для проводов малого диаметра ( $d=0,02 - 0,2$  мм) находим

$$d = I_n * k + 0,005,$$

для проводов большого диаметра

$$d = \sqrt[3]{\frac{I_n^2}{m^2}}$$

Для оценки времени срабатывания проволочной вставки, используем формулу Джоуля - Ленца

$$W = I^2 * R * t,$$

где:  $W$ - количество теплоты, выделяющееся на плавкой вставке, Дж;

$I$  – ток проводника;

$R$  – сопротивление вставки, Ом;

$t$  – время проводника под током.

Сопротивление проводника рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\rho * l}{s},$$

где:  $\rho$  – удельное сопротивление материала проводника, Ом\*м/мм<sup>2</sup>;

$l$  – длина проводника, м;

$s$  – площадь сечения проводника, мм<sup>2</sup>.

И, наконец, время перегорания проводника

$$t_n = \frac{W}{I_n^2 * R}$$

### Литература

1. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы. М., Радио и связь, 1987.
2. Прянишников А.В. Электроника. Курс лекций. С-П.б., ООО «КОРОНА принт», 1997.
3. [www.teplomehanika.ru/oven.htm](http://www.teplomehanika.ru/oven.htm). Информационный сайт производственного объединения «Овен».
4. Мухин В.С., Саков И.А. Приборы контроля и средства автоматизации тепловых процессов. М.: Высш. шк., 1988. – 256 с.