

Периферия для измерителя-регулятора

Сергей Шишкин (schischkin.sergej2014@yandex.ru)

В данной статье рассматриваются вопросы взаимодействия измерителя-регулятора (терморегулятора) и периферийных устройств, которые могут быть подключены к нему при организации локальной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП).

В журналах по автоматизации часто описываются такие крупные проекты, как автоматизация угольной шахты или АСУ для торгового центра, аппаратно-программный комплекс для «умного» города. Тем не менее сравнительно недорогие локальные АСУ ТП, где решаются такие задачи, как выпекание хлеба, обжиг кирпича, закалка стальных деталей и другие, по-прежнему остаются актуальными.

В структуре любого программно-аппаратного комплекса (ПАК) или распределённой системы управления и сбора данных для АСУ ТП можно выделить несколько уровней:

1. первичные средства измерения (датчики температуры, силы, давления и пр.), шаговые двигатели, концевые выключатели и т.д.;
2. вторичные измерительные преобразователи, нормирующие усилители, терморегуляторы, реле времени и т.д.;
3. устройство связи с объектом, контроллер узла шины (шинный кон-

троллер), модули аналогового и дискретного ввода;

4. автоматизированное рабочее место оператора (АРМ оператора).

Как правило, аппаратная часть локальных АСУ ТП представлена на первом и втором уровнях. При наличии сетевых интерфейсов у приборов и оборудования второго уровня их легко можно подключить к ПАК более высокого уровня. В технической литературе кроме понятия "локальная АСУ ТП" встречается ещё термин «локальные регуляторы». Локальные регуляторы – это устройства, которые сочетают в себе функции измерения технологического параметра, его индикации и управления этим параметром. Обычно локальные регуляторы контролируют не более 10 технологических параметров, территориально расположены близко от объекта автоматизации и не позволяют вносить изменения в алгоритм регулирования.

Главным функциональным узлом в локальной автоматизированной систе-

ме управления обогревом (или охлаждением) технологического процесса, вокруг которого строится сама система, является измеритель-регулятор (далее – терморегулятор). Терморегулятор может решать следующие задачи:

- многоканальное или одноканальное регулирование температуры;
- регулирование разности температур между каналами;
- работа в режиме двух- или трёхпозиционного, ПИ- или ПИД-регулирования температуры;
- контроль различных температурных режимов;
- измерение, сигнализация, регулирование температуры в распределённых автоматизированных системах управления технологическими процессами и т.д.

Функциональная схема двухканального терморегулятора с подключёнными датчиками температуры (термопреобразователями сопротивлений) представлена на рисунке 1. Многоканальный терморегулятор содержит следующие аппаратные устройства:

- устройство ввода информации (аналого-цифровой преобразователь с коммутатором каналов);
- устройство управления (микроконтроллер, ПЗУ с программой, энер-

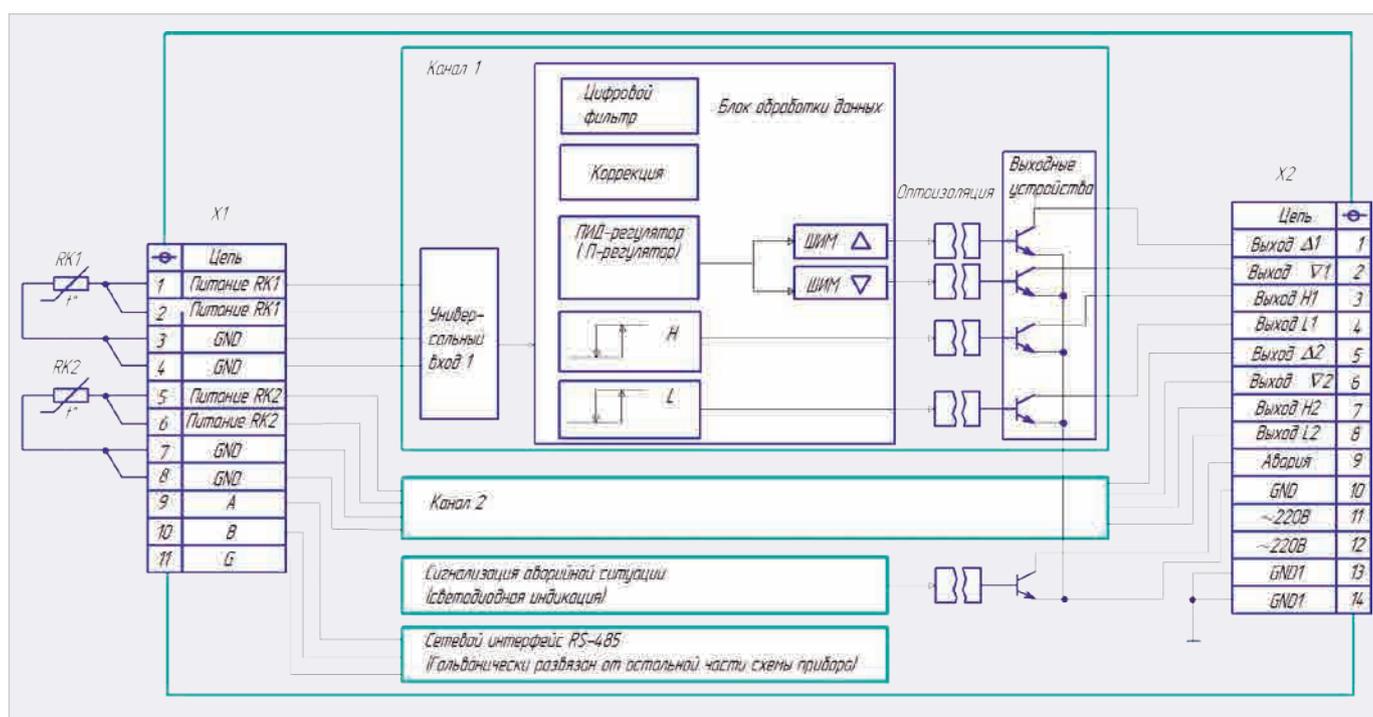


Рис. 1. Функциональная схема двухканального терморегулятора

гонезависимое запоминающее устройство, в котором сохраняются параметры регулятора при отключённом питании);

- устройство формирования выходных сигналов;
- пульт управления с индикаторами режимов работы регуляторов и состояний выходных сигналов;
- встроенный модуль сетевых интерфейсов (RS-485, CAN, PROFIBUS и пр.);
- встроенный блок питания.

В состав каждого канала измерения и регулирования терморегулятора, как правило, входят следующие функциональные узлы: универсальный вход, блок обработки данных, выходное устройство. Под универсальным входом понимается устройство, к которому подключаются первичные датчики (термопары, термопреобразователи сопротивления, датчики с унифицированными выходными сигналами). Если, например, к входу подключается термопреобразователь сопротивления (ТПС), то его сопротивление преобразуется в соответствии с его номинальной статической характеристикой (НСХ) в значение измеренной температуры. Измеряемое сопротивление обрабатывается аналого-цифровым преобразователем в виде цифрового кода, поступающего в микроконтроллер блока обработки данных. В блоке обработки данных цифровое значение измеряемой величины может быть подвергнуто фильтрации (для уменьшения влияния случайных помех), коррекции, масштабированию. Микроконтроллер блока обработки данных, работая по заданной программе, управляет состоянием выходных устройств, обменом информацией по интерфейсу и т.д.

Полученное значение отображается на измерительном индикаторе терморегулятора. Тип применяемого первичного датчика и диапазон измерения устанавливаются отдельно для каждого канала при конфигурировании (начальной установке). Каждый ПИД-регулятор выполняет сравнение измеренного значения канала с заданными величинами (уставками). ПИД-регулятор обрабатывает сигнал рассогласования между измеренным сигналом и уставкой и выдаёт сигнал управления на широтно-импульсные модуляторы. Параметры работы и функции ПИД-регуляторов задаются независимо для каждого канала. Выходные сигналы терморегуляторов с выходных устройств управляют

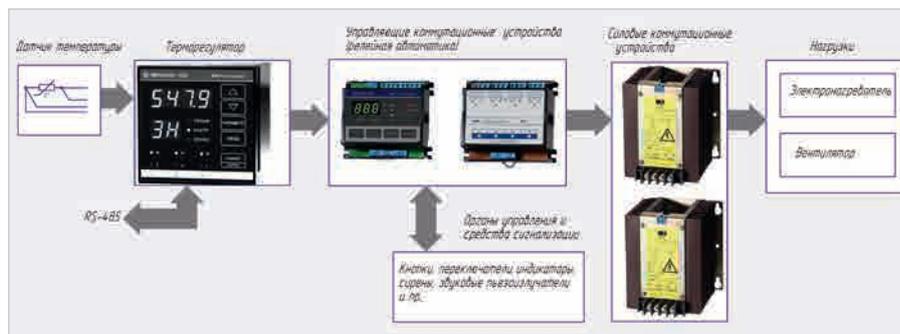


Рис. 2. Структурная схема локальной АСУ ТП с реализацией одноканального двухпозиционного регулирования

внешними исполнительными устройствами. Выходное устройство может быть ключевым или аналоговым. В качестве ключа может применяться транзистор с открытым коллектором, транзисторная оптопара, симисторная оптопара, электромагнитное реле. Аналоговое выходное устройство, как правило, это аналоговый выход по току или напряжению. Выходные устройства терморегуляторов гальванически развязаны от остальной схемы терморегулятора. Компараторы (выходы Н и L) предназначены для сигнализации выхода измеряемого технологического параметра за допустимые пределы.

На рисунке 2 приведена структурная схема локальной АСУ ТП с реализацией одноканального двухпозиционного регулирования. В данном случае терморегулятор управляет тепловой пушкой, в состав которой входит нагреватель и вентилятор. Аналогичная схема может применяться для многоканальных терморегуляторов, каждый канал которых может управлять независимым нагревателем (холодильником) и контролировать соответствующие температуры нагрева. Периферией для терморегулятора служат различные коммутационные устройства: мощные силовые и управляющие. Мощные силовые периферийные устройства предназначены для включения нагрузок (нагревателей, вентиляторов, холодильников). К управляющей коммутационной периферии относятся реле времени, блоки реле, а также кнопки, индикаторы, средства световой и звуковой сигнализации, которые позволяют реализовать необходимый алгоритм контроля и управления процессом при двух- и трёхпозиционном регулировании.

Существует большое количество задач, в которых заданная температура должна поддерживаться в течение определённого интервала времени. Для решения таких задач есть программные

регуляторы, например «Метакон-613» и «Метакон-614» [5]. Однако в ряде случаев более целесообразным и дешёвым может оказаться применение обычного регулятора и реле времени. Например, имеется электрическая печь для закалки деталей. Все операции по закладке деталей в печь, выемки из печи совершаются термистом вручную. Выдержка деталей при температуре ($T \pm \Delta T$) производится в течение t часов. Отсчёт времени должен начинаться с момента достижения температурой уставки (то есть T), так как при помещении детали в печь последняя успевает остыть ниже допустимого уровня. Через t часов необходимо оповестить термиста включением световой и звуковой сигнализации.

На рисунке 3 приведена структурная схема локальной АСУ ТП с реализацией ПИД-регулирования для электроприводной арматуры. При применении многоканальных терморегуляторов каждый канал обеспечивает управление своим клапаном с приводом от однофазного электродвигателя и сигнализацией по двум независимым уровням. Применение реверсивного блока коммутации (БКР) позволяет управлять как электродвигателем привода клапана, так и электромагнитным тормозом исполнительного механизма.

Для реализации различных алгоритмов работы локальных АСУ ТП вместе с терморегулятором вполне обоснованно применение плат контроллеров (на базе микроконтроллеров семейств PIC, MCS-51, AVR и пр.), которые позволяют реализовать более сложные программы работы АСУ ТП с меньшими затратами по сравнению с релейной автоматикой. Приведём конкретный пример применения двухканального терморегулятора ТРМ202 с платой контроллера на базе контроллера AT89C4051-24PU. Функцию поддержания заданных температур в системе выполняет терморегулятор ТРМ202 производства компа-



Рис. 3. Структурная схема локальной АСУ ТП с реализацией ПИД-регулирования для электроприводной арматуры

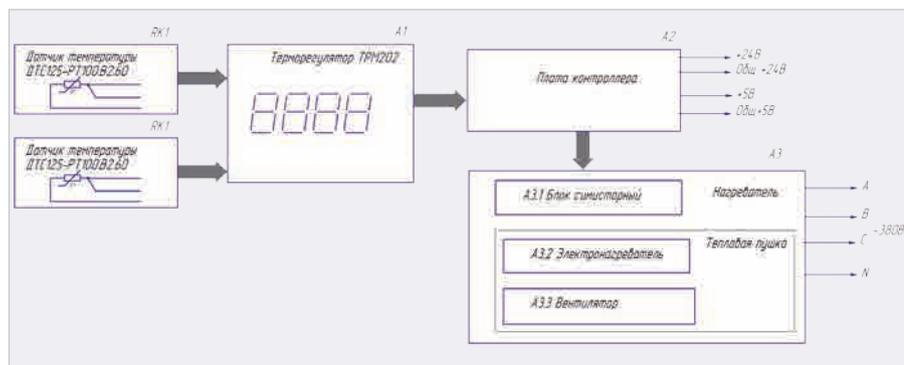


Рис. 4. Функциональная схема системы

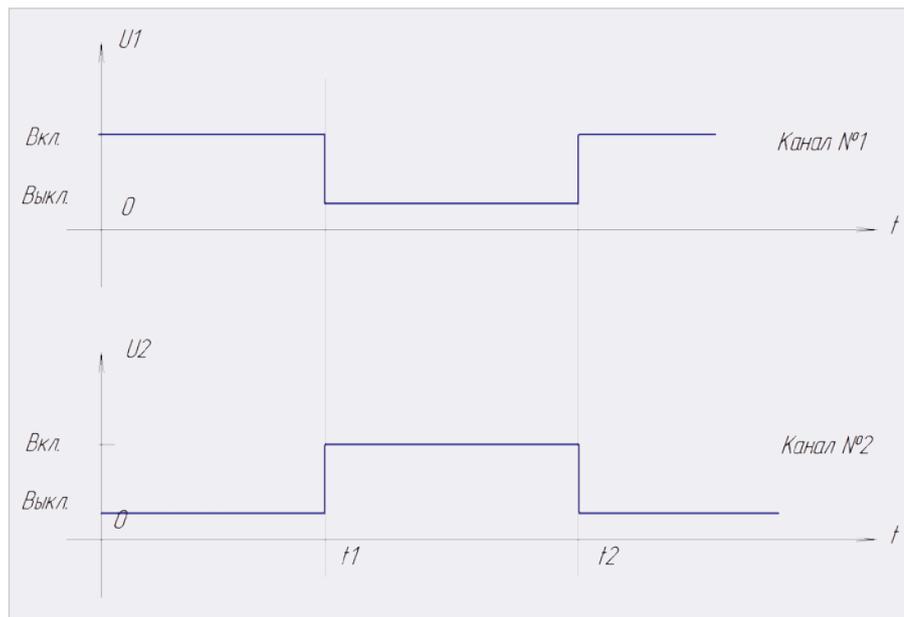


Рис. 5. Временная диаграмма, поясняющая алгоритм работы системы

нии «ОВЕН» [2]. Данный терморегулятор зарегистрирован в Госреестре средств измерений.

В производственных (складских) помещениях в вечернее и ночное время при отсутствии рабочего персонала экономии энергоресурсов можно получить за счёт понижения температуры обогреваемых помещений. Пред-

лагаемая система обогрева позволяет автоматически поддерживать заданные температуры в дневное и ночное время. Сформулируем основные требования к системе обогрева (далее – «система»):

- система должна автоматически поддерживать в двух интервалах времени (дневном и ночном) в диапазоне от 1 мин до 24 ч заданные температуры;

- система работает в режиме реального времени;
- в качестве источника разогрева применяется мощная тепловая пушка.

Функциональная схема такой системы представлена на рисунке 4. Основные узлы схемы: терморегулятор А1, плата контроллера А2, нагреватель А3. Нагреватель состоит из блока симисторного А3.1 и тепловой пушки (электронагревателя А3.2 и вентилятора А3.3). Временная диаграмма, поясняющая алгоритм работы системы представлена на рисунке 5.

В терморегуляторе ТРМ202 имеется два независимых канала № 1 и № 2 для измерения и поддержания заданной температуры. Заданные температуры (дневная и ночная) и другие параметры каналов программируются заранее. Выходные сигналы терморегулятора поступают на плату контроллера А2. Выходные сигналы платы контроллера обеспечивают управление нагревателем. Можно сказать, что плата контроллера обеспечивает поддержание заданных температур в заданные интервалы времени. На плате контроллера реализован таймер. До момента времени t_1 (см. рис. 5) система поддерживает температуру, заданную в канале № 1 терморегулятора (дневная температура). С момента времени t_1 до момента времени t_2 система поддерживает температуру, заданную в канале № 2 терморегулятора (ночная температура). Интервал поддержания ночной температуры ($\Delta t = t_2 - t_1$) задаётся программно.

У мощных тепловых пушек при выключении во избежание нагрева корпуса и выхода из строя находящихся на нём элементов управления необходимо сначала выключить электронагреватель, а затем, с некоторой задержкой, вентилятор. То есть после выключения электронагревателя производится обдув до тех пор, пока температура на выходе тепловой пушки не достигнет комнатной. Понятно, что требуемая задержка по времени Δt_1 при выключении вентилятора зависит от технических характеристик тепловой пушки (мощности, производительности и габаритных размеров). Плата контроллера реализует вышеуказанную функцию: осуществляет задержку между выключением электронагревателя и вентилятора. Данный интервал времени (задержка) задаётся программно. В алгоритме работы платы контроллера можно выделить шесть режимов работы:

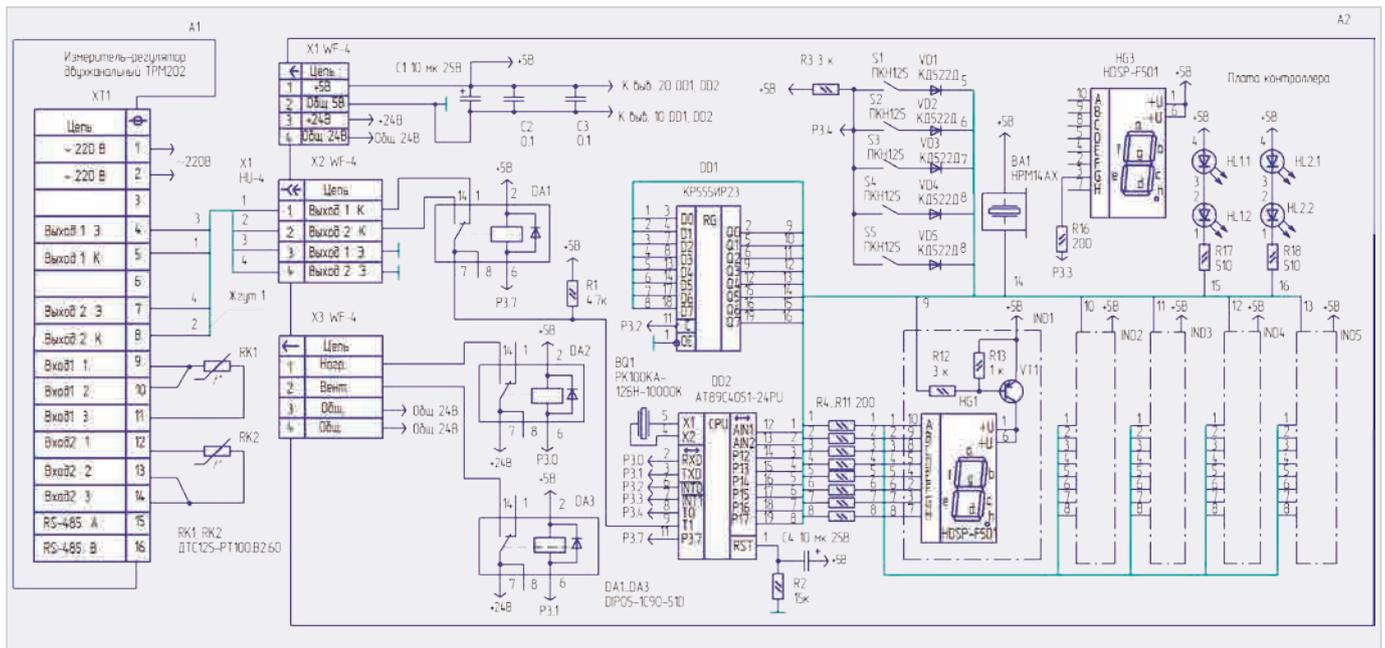


Рис. 6. Принципиальная схема системы

- режим № 1 (часы 1) – отсчёт и индикация текущего времени: минуты – секунды;
- режим № 2 (часы 2) – отсчёт и индикация текущего времени: часы – минуты;
- режим № 3 (время 1) – задание и индикация значения времени t_1 (начало интервала поддержания ночной температуры);
- режим № 4 (время 2) – задание и индикация значения времени t_2 (конец интервала поддержания ночной температуры);
- режим № 5 (задержка) – задание и индикация значения задержки Δt_1 (временная задержка выключения вентилятора после выключения электронагревателя).
- режим № 6 (контроль задержки) – визуальный контроль увеличения (инкремент) времени задержки Δt_1 , начиная с нулевого значения (текущее значение). Как только текущее значение сравнивается с заданным, сразу выключится вентилятор в тепловой пушке. На дисплее снова индицируется нулевое значение.

Принципиальная схема системы приведена на рисунке 6. Нагреватель АЗ подключается к плате контроллера через соединитель Х3. Терморегулятор А1 подключается к плате контроллера А2 через жгут 1. Принципиальная схема нагревателя в статье не приводится. Нагреватель состоит из блоков симисторных, электронагревателя и вентилятора. Управляющие сигналы с соединителя Х3 платы кон-

троллера поступают на управляющие входы блоков симисторных, которые подключают к сетевому напряжению электронагреватель и вентилятор. Номинальная мощность нагревателя определяется объектом регулирования.

Рассмотрим основные часовые функции платы контроллера. В таймере предусмотрены следующие функции: индикация текущего времени в 24-часовом формате в режимах «часы – минуты» и «минуты – секунды»; установка текущего времени; установка включения времени t_1 и включения времени t_2 , установка задержки Δt_1 выключения вентилятора. Все указанные параметры могут быть изменены программно. Если текущее время совпало с установленными значениями t_1 и t_2 , то на 10 с включается звуковая сигнализация с частотой повторения 1 Гц.

Интерфейс управления системы состоит из лицевой панели терморегулятора и органов управления платы контроллера. Интерфейс платы контроллера включает в себя: клавиатуру (кнопки S1–S5), световые полосы HL1, HL2 и блок индикации из шести цифровых семисегментных индикаторов HG1–HG6. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (P) – выбор режима работы часов: «часы 1», «часы 2», «время 1», «время 2», «задержка», «контроль задержки»;
- S2 (Δ) – увеличение на единицу значения каждого разряда при установке времени в режиме «часы 2», а также при установке времени в ре-

жиме «время 1», «время 2», «задержка», «контроль задержки»;

- S3 (B) – выбор разряда при установке текущего значения времени в режиме «часы 2» и в режимах «время 1», «время 2», «задержка», «контроль задержки». В выбранном разряде включается точка «h»;
- S4 (C) – кнопка пуск/стоп. Данной кнопкой разрешается/запрещается счёт времени;
- S5 (K) – кнопка выбора каналов температуры (№ 1 или № 2) терморегулятора А1 к микроконтроллеру DD2 при текущем времени.

Если выбран канал температуры № 1, включена световая полоса HL1, к микроконтроллеру DD2 подключён выход № 1 терморегулятора. Если выбран канал температуры № 2, включена световая полоса HL2, соответственно, к микроконтроллеру DD2 подключён выход № 2 терморегулятора.

Алгоритм работы системы обогрева следующий. После подачи питания нужно задать параметры: в терморегуляторе А1 – значения уставок для каналов № 1 и № 2; на плате контроллера – значение времени t_1 ; значение времени t_2 , значение времени задержки Δt_1 . Допустим, что для канала № 1 терморегулятора задана уставка T1 (дневная температура). Для канала № 2 терморегулятора задана, соответственно, уставка T2 (ночная температура). Допускаем также, что система включается в дневное время, и текущая температура меньше T1. После нажатия на кнопку S4 лог. 0 с вывода пятиклеммной колодки

ХТ1 терморегулятора поступает через жгут 1 и контакт 1 соединителя Х2 и замкнутые контакты 1, 7 реле DA1 на вывод 9 микроконтроллера DD2. На выводе 11 микроконтроллера присутствует лог. 1. При этом микроконтроллер DD2 выставляет лог. 0 на выводах 2, 3. Включаются реле DA2, DA3. Через замкнутые контакты 7, 14 данных реле и соединитель Х3 напряжение +24 В поступает на управляющие входы составных частей нагревателя. В тепловой пушке одновременно включаются электронагреватель и вентилятор. Как только текущая температура достигнет заданной уставки, выходная оптопара канала № 1 терморегулятора закроется. Лог. 1 с вывода пятиклеммной колодки ХТ1 терморегулятора поступает на вход 9 микроконтроллера DD2. При этом микроконтроллер выставляет лог. 1 на выводе 2 и через время равное Δt_1 – лог. 1 на выводе 3. Тем самым сначала выключаются электронагреватель в тепловой пушке и через время, равное Δt_1 , вентилятор. Подобные циклы включения и выключения тепловой пушки будут поддерживать температуру в помещении, равную заданной уставке Т1.

Пусть текущее время стало равно t_1 (начало ночного интервала времени). Тогда микроконтроллер DD2 устанавливает лог. 0 на выводе 11, включая реле DA1. В данном реле замыкаются контакты 7, 14. Теперь на вывод 9 микроконтроллера DD1 поступает сигнал с вывода восьмиклеммной колодки ХТ1 терморегулятора. То есть подключается канал №2 терморегулятора. Тепловая пушка будет поддерживать температуру в помеще-

нии, равную заданной уставке Т2. Пусть текущее время стало равным значению t_2 (конец ночного интервала времени). Тогда микроконтроллер DD1 устанавливает лог. 1 на выводе 11, отключая реле DA1. Снова замыкаются контакты 1, 7 реле DA1. Теперь тепловая пушка будет поддерживать температуру в помещении, равную заданной уставке Т1.

Рассмотрим функциональные узлы принципиальной схемы системы. Основой устройства служит микроконтроллер DD2, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц. Пьезоэлектрический излучатель ВА1 включается с вывода 15 регистра DD1. Сигнал с выхода 13 микроконтроллера через резистор R16 с периодом 1 с включает сегмент g индикатора HG3. Клавиатура собрана на кнопках S1–S5. Для функционирования клавиатуры также задействован вывод 8 микроконтроллера DD2. Резисторы R17, R18 являются токоограничительными для световых полос HL1 и HL2. Выходные сигналы с каналов № 1 и № 2 терморегулятора А1 подключаются к выводу 9 микроконтроллера DD2 через контакты реле DA1. Само реле управляется с вывода 11 микроконтроллера DD2. Каналы управления нагревателем и вентилятором собраны соответственно на реле DA2 и DA3, которые управляются с выводов 2 и 3 микроконтроллера DD2. Динамическая индикация собрана на регистре DD1, транзисторах VT1–VT5, цифровых семисегментных индикаторах HG1, HG2, HG4–HG6 (HG2, HG4–HG6 показаны в блоках IND2–IND5 на рисунке 4). Питательное напряжение поступает на

плату контроллера с соединителя Х1. Конденсатор С1 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R2, конденсатор С4) формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD2. Затем происходит инициализация программы, в которой задаются начальные параметры работы системы. Далее осуществляется счёт текущего времени и разрешается работа устройства по приведённому ранее алгоритму. Цифровая часть принципиальной схемы устройства гальванически развязана с сетью и напряжением управления нагревателем и вентилятором +24 В. Как видно из схемы, аппаратные возможности микроконтроллера DD2 исчерпаны полностью. Программа на ассемблере и HEX-файл доступны для скачивания в дополнительных материалах к статье.

Применение терморегуляторов с контроллерами, которые разработаны под конкретную систему обогрева (охлаждения), позволяет минимизировать схему управления в локальной АСУ ТП.

Литература

1. Сайт представительства Transfer Multisort Elektronik. URL: <http://www.tme.pl>.
2. Официальный сайт компании «ОВЕН». URL: <http://www.owen.ru>.
3. Официальный сайт компании «Ольмакс». URL: <http://www.olmax.ru>.
4. Официальный сайт научно-производственной фирмы «КонтрАвт». URL: <http://www.contravt.ru>.
5. Официальный сайт «Термодат». URL: <http://www.termodat.ru>.



НОВОСТИ МИРА

Правительство РФ заказало 32-ядерный процессор «Эльбрус-32С» для суперкомпьютеров

В правительстве РФ озаботились высокопроизводительной обработкой и хранением больших массивов информации. Для выполнения подобных задач, напрямую связанных с кибербезопасностью, обороноспособностью и развитием высокотехнологичной страны, необходимы суперкомпьютеры, созданные на отечественной элементной базе.

Минпромторг России разместил на сайте госзакупок большое количество заявок на проведение опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ. Первая ОКР называется «Разработка микропроцессора

«Эльбрус-32С» для высокопроизводительных серверов», шифр «Процессор-21(СРВ)». Стоимость работ оценена в почти 7,49 млрд руб.

Разработка универсального 32-ядерного микропроцессора, способного работать при температуре от –60 до +90°С, должна быть завершена к 2025 году. Он должен стать фундаментом для большого количества различных вычислительных комплексов и систем.

Одновременно с этим заказаны ОКР «Разработка СнК для встраиваемых вычислительных комплексов на базе процессорных ядер с архитектурой NeuroMatrix нового поколения», шифр «Нейро-Б». Стоимость работ оценена почти в 7,632 млрд руб.

Кроме того, размещён заказ на ОКР «Разработка доверенного многоядерного процес-

сора для программных маршрутизаторов защищённых сетей», шифр «МАРКО-240». Стоимость работ – почти 6,002 млрд руб.

Также заказаны НИР «Исследование и разработка перспективных кремний-углеродных технологий и технологий гетерогенной интеграции с применением наноструктурированных материалов для создания элементов и приборов нового поколения», шифр «Прогресс». Стоимость работ – 2,89 млрд руб.

Имеется ОКР «Разработка и освоение в производстве комплекта доверенных микросхем и микромодулей специального назначения, а также средств обеспечения доверенности процесса их проектирования и изготовления», шифр «Доверие». Стоимость – 6,690 млрд руб.

<https://russianelectronics.ru>



23-я Международная выставка
электронных компонентов, модулей
и комплектующих

expoelectonica.ru



18-я Международная выставка
технологий, оборудования и материалов
для производства изделий электронной
и электротехнической промышленности

electrontechexpo.ru

13–15 апреля 2021

Москва, Крокус Экспо

Получите Ваш
бесплатный билет
по промокоду **ee21print**



Реклама

0+

