

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра автоматизации производственных процессов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО
КОНТРОЛЛЕРА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
для студентов очной и заочной форм обучения специальности 220301
«Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении)», направлений 220400.62 «Управление в технических
системах» и 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Курган 2012

Кафедра автоматизации производственных процессов

Дисциплина: «Автоматизация технологических процессов и производств»

Составил: канд. техн. наук, доцент Н.Б. Сбродов

Утверждены на заседании кафедры «3» июля 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета «24» августа 2012 г.

ВВЕДЕНИЕ

Технико-экономическими предпосылками создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) являются повышение требований к качеству выпускаемой продукции, усложнение производственных процессов, увеличение мощности оборудования, использование форсированных режимов (повышение давления, температуры и т.д.), напряженность в области трудовых ресурсов. Рост производительности труда, в том числе путем его автоматизации, становится важнейшим источником расширения производства. Указанные обстоятельства предъявляют новые требования к масштабам использования и техническому уровню АСУТП, к обеспечению их надежности, точности, быстродействия, экономичности, т.е. к эффективности их функционирования.

На нижнем уровне АСУТП, непосредственно взаимодействующим с технологическим объектом, обычно располагаются программируемые контроллеры. Программируемые контроллеры обеспечивают первичную обработку измерительной информации, поступающей с объектов управления, формирование управляющих воздействий, отслеживание сбоев и нарушений технологического процесса.

Целью лабораторных работ является изучение принципов построения систем автоматического регулирования (САР) непрерывными технологическими процессами на базе микропроцессорного контроллера Ремиконт Р-130, моделирование на лабораторном стенде работы названных систем и исследование их характеристик.

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Ремиконт Р-130 – малоканальный компактный многофункциональный микропроцессорный контроллер, предназначенный для автоматического регулирования и логического управления технологическими процессами. Он предназначен для применения в машиностроительной, химической, металлургической, пищевой и других отраслях промышленности [1].

Ремиконт Р-130 имеет две модели – регулируемую и логическую.

Логическая модель Ремиконта формирует логическую программу управления дискретным технологическим процессом. В сочетании с обработкой дискретных сигналов эта модель позволяет выполнять также разнообразные функциональные преобразования аналоговых сигналов и вырабатывать не только дискретные, но и аналоговые управляющие сигналы. Все это позволяет создавать на базе данного контроллера эффективные САР непрерывных технологических параметров, например, температуры.

Подробное описание технических характеристик, архитектуры, функциональных возможностей указанного контроллера и организации ввода-вывода информации приведены в ранее изданных методических указаниях [2, 3].

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

2.1 Техническое обеспечение лабораторного стенда

Моделирование САР непрерывными технологическими процессами выполняется на лабораторном стенде, структурная схема которого приведена на рисунке 1.

Лабораторный стенд состоит из следующих устройств:

1 Программируемый регулирующий контроллер Ремиконт Р-130, в состав которого входят блок контроллера БК-1 (основной элемент), блок питания БП, пульт настройки ПН.

2 Персональный компьютер.

3 Имитатор электронагревательной установки.

Подробное описание блока контроллера, блока питания приведены в методических указаниях [2, 3].

Блок контроллера БК-1 оснащен интерфейсом последовательной связи стандарта ИРПС. Для связи контроллера с персональным компьютером, выполняющем роль ЭВМ верхнего уровня, в составе стенда имеется интерфейсный модуль. Данный интерфейсный модуль является адаптером между интерфейсами ИРПС и RS-232С. Для реализации САР температуры используется имитатор электронагревательной установки, который состоит из задатчика температуры, усилителя мощности, нагревательного элемента, датчика температуры, усилителя сигнала датчика температуры. На лицевой панели имитатора смонтированы контрольно-измерительные приборы, позволяющие контролировать величину сигнала задания и выходного сигнала (тока в нагревательном элементе), значение температуры нагревательного элемента. Имитатор электронагревательной установки подключается к Ремиконту через клеммо-блочный соединитель, поставляемый вместе с контроллером.

2.2 Программное обеспечение лабораторного стенда

Основными компонентами используемого в лабораторной работе программного обеспечения являются:

1 Редактор программ Ремиконта Р-130 – программа RemEdit.

2 База данных по алгоритмам Ремиконта - программа AlgoEdit.

3 Программа визуализации данных - программа RemVisual.

Редактор программ контроллера позволит значительно упростить процесс программирования контроллера Ремиконт Р-130 и дает следующие возможности:

1 Разработки программ для контроллера с графическим представлением алгоблоков.

2 Возможность работы одновременно с несколькими программами.

3 Запись программ в контроллер и чтение из контроллера по сети «Транзит».

- 4 Запись программ в файл и чтение из файла.
 - 5 Автоматическая проверка программы на ошибки
- Графическое представление одного из типовых алгоблоков в редакторе программ показано рисунке 2.

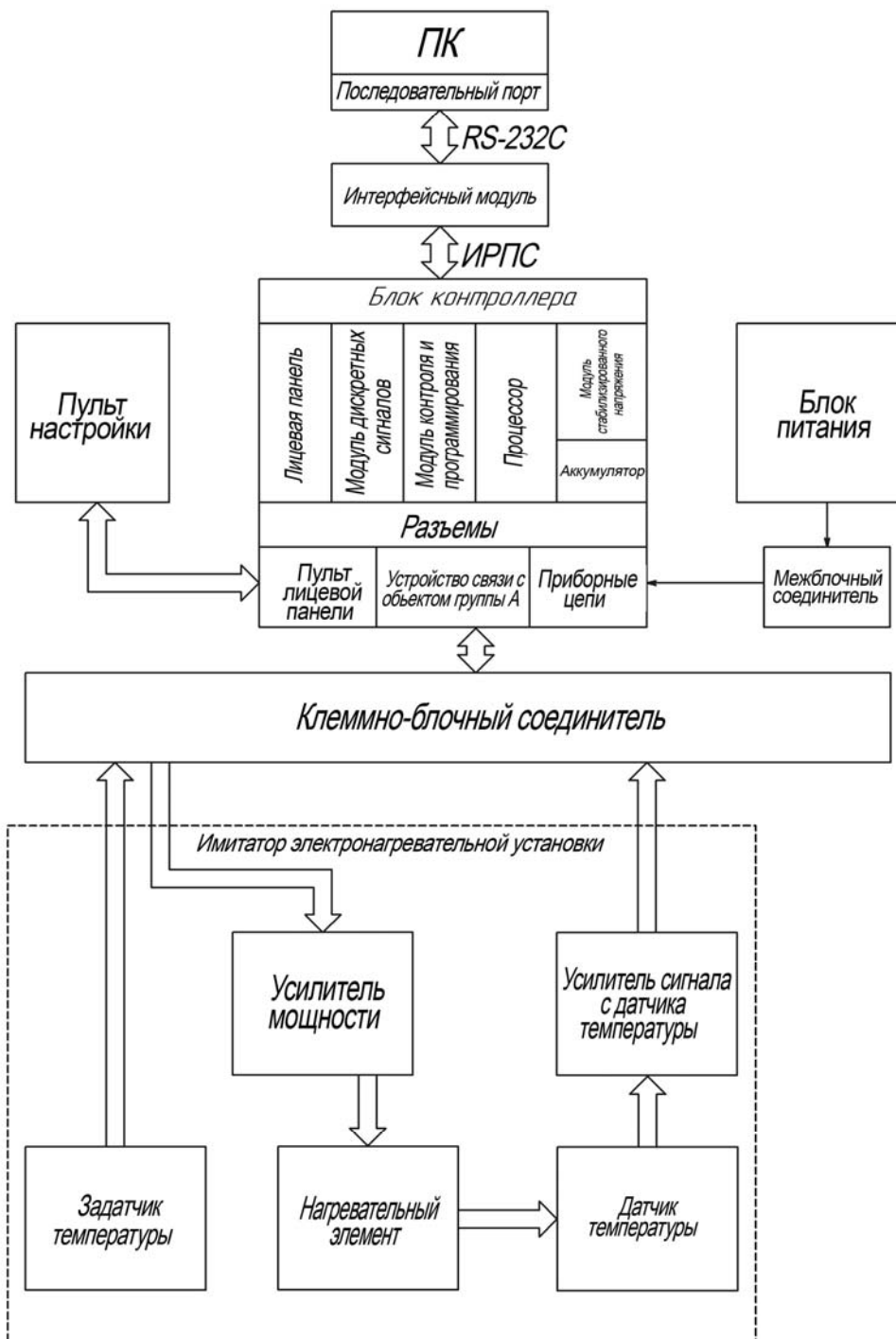


Рисунок 1 - Структурная схема лабораторного стенда

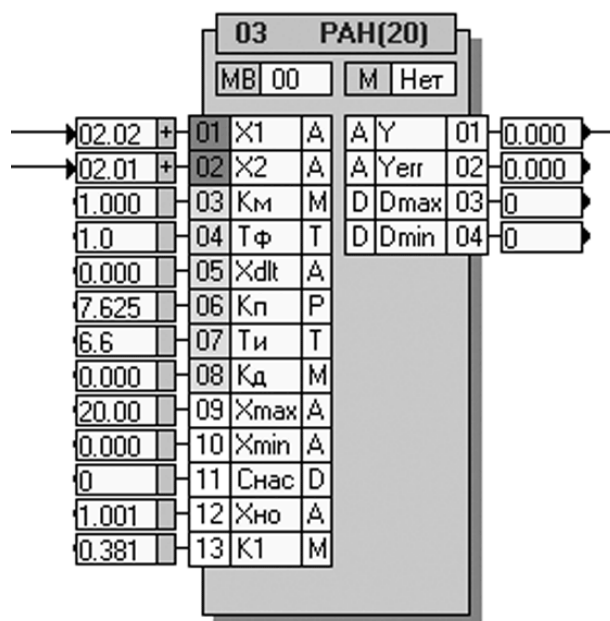


Рисунок 2 - Графическое представление алгоблока

Графическое представление алгоблока содержит: обозначение входов и выходов алгоритма, номер алгоблока (на рисунке 2 номер алгоблока 03 указан вверху слева) и условное обозначение алгоритма, размещенного в данном алгоблоке (РАН – регулирование аналоговое, номер алгоритма РАН в библиотеке алгоритмов – 20).

Все программы имеют простой и наглядный интерфейс. На рисунке 3 приведен интерфейс программы RemEdi - редактора программ Ремиконта, а на рисунке 4 – интерфейс программы программа AlgoEdit.

3 ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

3.1 Общие положения

Программа управления для контроллера представляет собой набор стандартных алгоритмов с указанием связей между ними и значений настроечных параметров на входах алгоритмов.

Основными алгоритмами для реализации САР на лабораторном стенде являются:

РАН - регулирование аналоговое;

ПОР - пороговый контроль;

ВАА - ввод аналоговой группы А;

АВА - аналоговый вывод группы А;

ОКЛ - оперативный контроль (для вывода контролируемых параметров на лицевую панель контроллера и ввода управляющих команд);

ИНВ - интерфейсный вывод (для передачи данных из контроллера в компьютер по каналу интерфейсной связи).

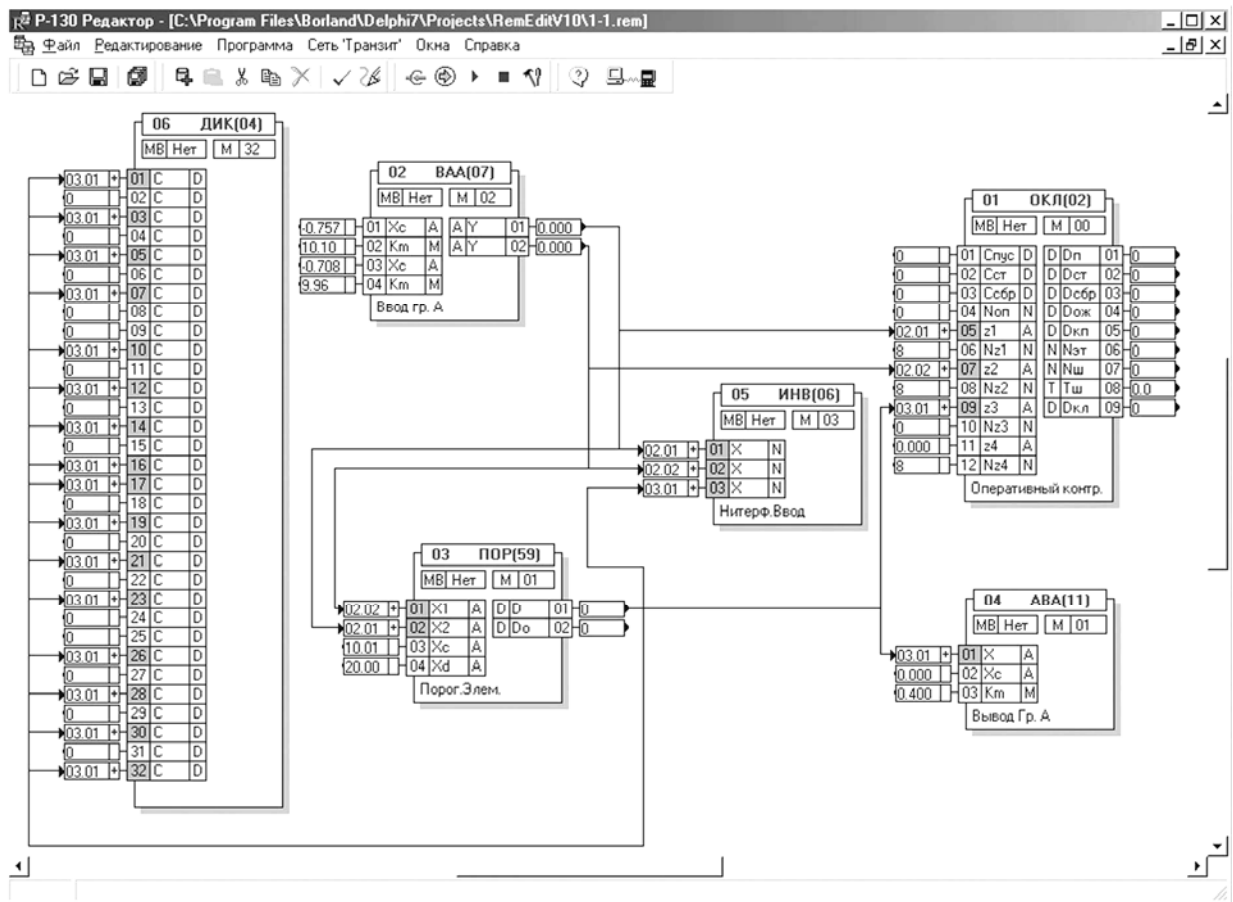


Рисунок 3 - Интерфейс программы RemEdit - редактора программ Ремиконта

The screenshot shows the AlgoEdit software interface, specifically a configuration window for a control block. The window title is "База Данных Алгоблоков Контроллера Р-130".

The main list contains the following items:

- 00 ПСТ
- 01 ОКЛ Оперативный контроль регулирования
- 02 ОКЛ Оперативный контроль логической программы** (highlighted)
- 03 ОКД Оперативный непрерывно-дискретный контроль
- 04 ДИК Дискретный контроль
- 05 ВИН Ввод интерфейсный
- 06 ИНВ Интерфейсный вывод
- 07 ВАА Ввод аналоговой группы А
- 08 ВАБ Ввод аналоговой группы Б

Below the list, there are several configuration sections:

- Общее**: Includes a dropdown for "2" and "ОКЛ", and a "Группа:" dropdown set to "(1) Алгоритмы лицевой панели".
- Ограничения**: Includes checkboxes for "Рег.", "МВ", "Лог.", and "Н/Дискр.", along with a "Кратность:" dropdown set to "4" and a "Модификатор:" dropdown set to "87".
- Ресурсы**: Includes a "Базовое время, мс" field set to "1.00" and a "Доп. время, мс" field set to "0.00". It also features a table of resource parameters:

| Доп. время, мс | 03У1 | | 03У2 | |
|----------------|------|----|------|----|
| | П6 | Пм | П6 | Пм |
| 0.00 | 37 | 0 | 32 | 2 |

Рисунок 4 - Интерфейс программы программа AlgoEdit

3.2 Алгоритм РАН - регулирование аналоговое

Алгоритм используется при построении ПИД-регулятора, имеющего аналоговый выход. Алгоритм, как правило, сочетается с пропорциональным исполнительным механизмом (позиционером) либо используется в качестве ведущего в схеме каскадного регулирования. Помимо формирования ПИД-закона регулирования в алгоритме вычисляется сигнал рассогласования, этот сигнал фильтруется, вводится зона нечувствительности. Выходной сигнал алгоритма ограничивается по максимуму и минимуму. Алгоритм содержит узел настройки, позволяющий (с помощью алгоритма АНР) автоматизировать процесс настройки регулятора.

Функциональная схема алгоритма (рисунок 5) содержит несколько звеньев. Звено, выделяющее сигнал рассогласования, суммирует два входных сигнала, при этом один из сигналов масштабируется, фильтруется и инвертируется. Сигнал рассогласования на выходе этого звена (без учета фильтра) равен:

$$\varepsilon = X_1 + K_m \cdot X_2;$$

где K_m - масштабный коэффициент.

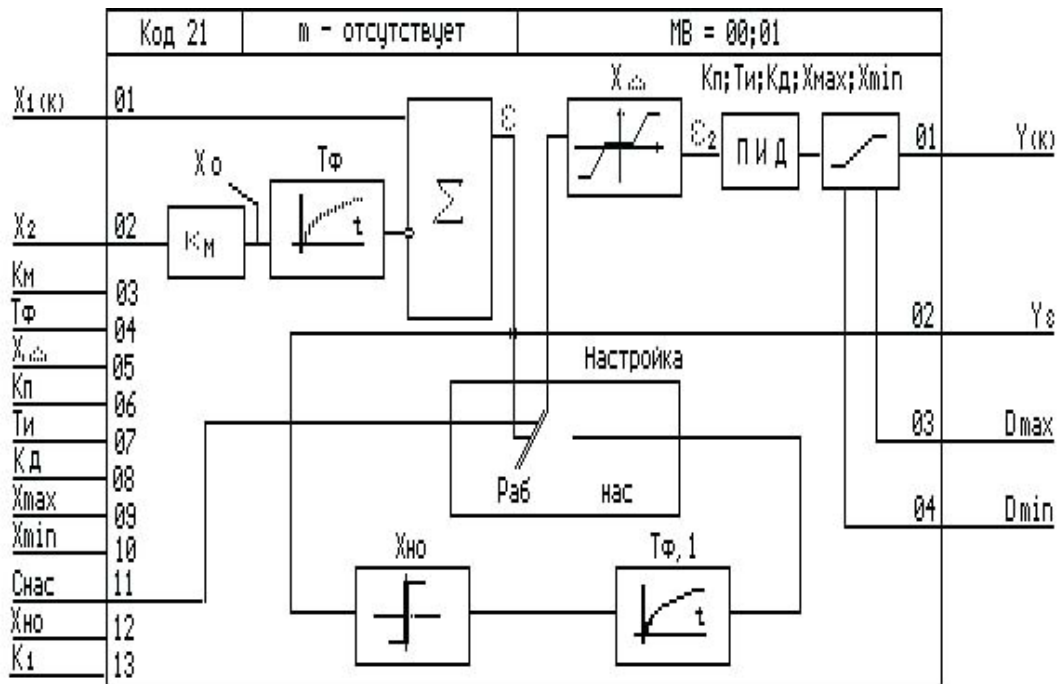


Рисунок 5 - Функциональная схема алгоритма РАН

Фильтр нижних частот первого порядка имеет передаточную функцию

$$W(p) = \frac{1}{T_\phi \cdot p + 1},$$

где T_ϕ - постоянная времени фильтра.

Зона нечувствительности не пропускает на свой вход сигналы, значения которых находятся внутри установленного значения зоны.

Сигнал ε_2 на выходе этого звена равен

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= 0 && \text{при } |\varepsilon| \leq X_{\Delta} / 2; \\ \varepsilon_2 &= (|\varepsilon| - X_{\Delta} / 2) && \text{при } |\varepsilon| > X_{\Delta} / 2, \end{aligned}$$

где X_{Δ} - зона нечувствительности.

ПИД-звено выполняет пропорционально-интегрально-дифференциальное преобразование сигнала и имеет передаточную функцию:

$$W(p) = K_n \left[1 + \frac{1}{T_u p} + \frac{K_d T_u \cdot p}{\left(1 + \frac{K_d T_u \cdot p}{8} \right)^2} \right],$$

где K_n , T_u , K_d – соответственно коэффициент пропорциональности, постоянная времени интегрирования и коэффициент дифференцирования, равный $K_d = T_d / T_u$ (при $K_d * T_u > 819$ значение $T_d = \infty$).

Алгоритм РАН может использоваться в качестве ПД- или П-регулятора. В ПД-регуляторе устанавливается $T_u = \infty$. Если этот параметр установлен оператором вручную в режиме программирования, то интегральная ячейка аннулируется и при переходе в режим работы алгоритм формирует передаточную функцию:

$$W(p) = K_n \left[1 + \frac{819 \cdot K_d \cdot p}{\left(1 + \frac{819 K_d \cdot p}{8} \right)^2} \right],$$

при этом, если $K_d \leq 1$, постоянная времени дифференцирования $T_d = 819 K_d$ (с, мин или ч в зависимости от выбранного диапазона и масштаба времени); если $K_d > 1$, то $T_d = \infty$.

Таблица 1 - Входы-выходы алгоритма РАН

| Входы-выходы | | | Назначение |
|--------------|--------------|-------|-----------------------------------|
| № | Обозначение | Вид | |
| 01 | X_1 | Входы | Немасштабируемый вход |
| 02 | X_2 | | Масштабируемый вход |
| 03 | K_M | | Масштабный коэффициент |
| 04 | T_{ϕ} | | Постоянная времени фильтрации |
| 05 | X_{Δ} | | Зона чувствительности |
| 06 | K_{II} | | Коэффициент пропорциональности |
| 07 | T_{II} | | Постоянная времени интегрирования |
| 08 | K_D | | Коэффициент дифференцирования |
| 09 | X_{\max} | | Уровень ограничения по максимуму |
| 10 | X_{\min} | | Уровень ограничения по минимуму |

| | | | |
|----|-----------------|--------|---|
| 11 | $C_{нас}$ | | Команда перехода в режим настройки |
| 12 | $X_{но}$ | | Уровень сигнала на выходе ноль-органа |
| 13 | K_1 | | Коэффициент, устанавливаемый при работе АНР |
| 01 | Y | Выходы | Основной выход |
| 02 | Y_ε | | Сигнал рассогласования |
| 03 | D_{max} | | Ограничение по максимуму |
| 04 | D_{min} | | Ограничения по минимуму |

Для получения П-регулятора следует установить $T_u = \infty$ и $K_D=0$. Свойства интегральной ячейки при этом остаются такими же, как в ПД-регуляторе.

Ограничитель ограничивает выходной сигнал алгоритма по максимуму и минимуму. Уровни ограничения устанавливаются коэффициентами X_{max} , X_{min} . Диапазон параметров настройки – стандартный для Р-130. Значение $X_\Delta < 0$ воспринимается алгоритмом как $X_\Delta = 0$.

Помимо двух сигнальных входов X_1 и X_2 алгоритм имеет 8 настроечных входов, которые задают параметры настройки алгоритма. Алгоритм имеет 4 выхода. Выход Y – основной выход алгоритма. На выходе Y_ε формируется отфильтрованный сигнал рассогласования. Два дискретных выхода фиксируют момент наступления ограничения выходного сигнала Y . Алгоритм будет правильно работать, только если $X_{max} > X_{min}$.

Алгоритм содержит узел настройки, состоящий из переключателя режима «работа-настройка», ноль-органа и дополнительного фильтра с постоянной времени $T_{ф.1}$. Свойства ноль-органа описываются следующим выражением:

$$Y_{но} = X_{но} \text{ при } \varepsilon \geq 0; \quad Y_{но} = -X_{но} \text{ при } \varepsilon < 0,$$

где $Y_{но}$ - сигнал на выходе ноль-органа.

При дискретном сигнале на входе $C_{нас} = 1$ алгоритм переходит в режим настройки и в замкнутом контуре регулирования устанавливаются автоколебания. Параметры этих колебаний (амплитуда и период), которые контролируются на выходе Y_ε , используются для автоматического определения параметров настройки регулятора.

3.3 Алгоритм ПОР- пороговый элемент

Алгоритм применяется для контроля выхода сигнала или разности двух сигналов из ограниченной справа области допустимых значений. Каждый алгоритм может содержать несколько (до 20) независимых пороговых элементов.

Алгоритм содержит m независимых ячеек, причем $0 \leq m \leq 20$ и задается модификатором. Каждая ячейка содержит звено сумматора и звено порогового элемента (рисунок 6).

Звено сумматора выделяет разность двух сигналов $z = X_1 - X_2$. Разностный сигнал подается на звено порогового элемента с порогом

срабатывания X_{cp} и гистерезисом X_{Δ} . Звено порогового элемента срабатывает, когда $z \geq X_{cp}$, при этом появляется дискретный сигнал на выходе звена порогового элемента. Логика работы каждой ячейки описывается таблицей 2, в которой $D_{(i-1)}$ – предыдущее значение выходного сигнала.

На настроечных входах X_{cp} , X_{Δ} задается соответственно порог срабатывания и гистерезис. Значение $X_{\Delta} < 0$ воспринимается алгоритмом как $X_{\Delta} = 0$.

Выход D_0 алгоритма является объединением по ИЛИ выходов всех ячеек алгоритма.

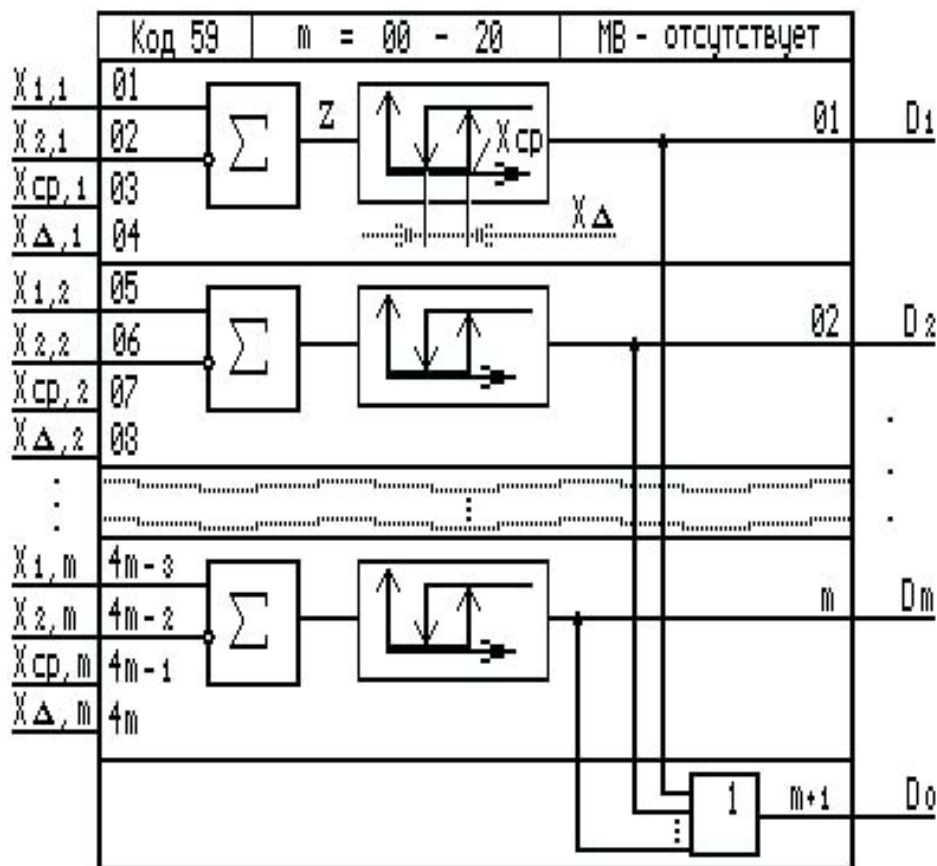


Рисунок 6 - Функциональная схема алгоритма ПОР

Таблица 2 – Логика работы каждой ячейки

| Значение z | Состояние выхода D |
|---------------------------------------|----------------------|
| $z < X_{cp} - X_{\Delta}$ | 0 |
| $z \geq X_{cp}$ | 1 |
| $X_{cp} - X_{\Delta} \leq z < X_{cp}$ | $D_{(i-1)}$ |

3.4. Алгоритм ВВА – ввод аналоговый группы А

Данный алгоритм применяется для связи алгоритмов программы управления с аппаратными средствами аналогового входа (с АЦП). Алгоритм обслуживает до 8 аналоговых входов (рисунок 7).

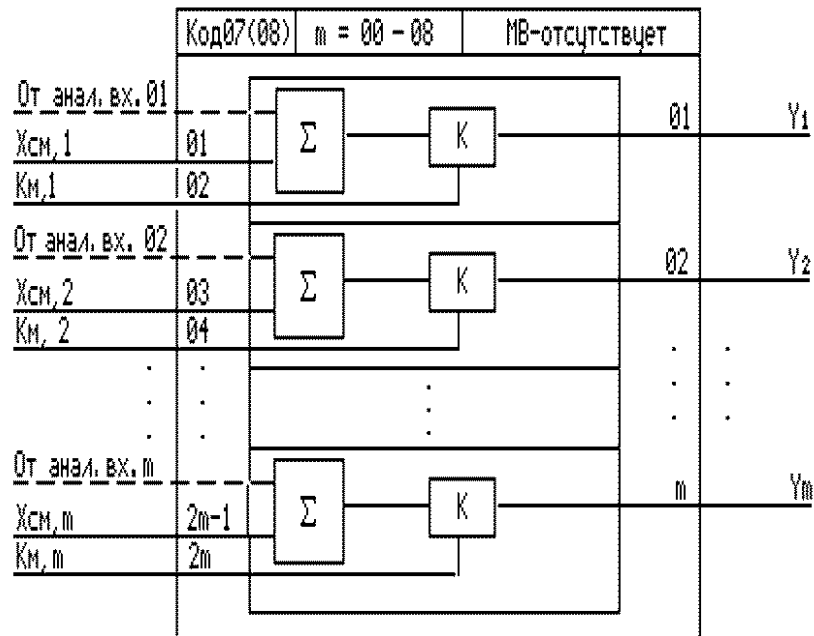


Рисунок 7 - Функциональная схема алгоритма ВАА

Алгоритм содержит несколько идентичных независимых каналов. Число каналов $0 \leq m \leq 20$ задается модификатором. Каждый канал связан с соответствующим (по номеру) аналоговым входом контроллера. Эта связь образуется «автоматически», как только алгоритм ВАА вводится в один из алгоблоков контроллера. К входному аналоговому сигналу добавляется сигнал смещения $X_{см}$, полученная сумма умножается на коэффициент K_m . Эти операции позволяют компенсировать смещение нуля и диапазона, как АЦП, так и датчика, подключенного к контроллеру.

Выходной сигнал канала равен

$$Y_i = (X_{ан.вх,i} + X_{см,i}) * K_{m,i}$$

где $X_{ан.вх,i}$ – аналоговый входной сигнал, поступающий от АЦП на i-й канал.

Если коррекции не требуется, устанавливается $X_{см,i} = 0$, $K_{m,i} = 1$. В этом случае $Y_i = X_{ан.вх,i}$.

Время обслуживания одного канала аналогового ввода равно 40 мс.

3.5 Алгоритм АВА – аналоговый вывод группы А

Алгоритм применяется для связи функциональных алгоритмов с аппаратными средствами аналогового вывода (с ЦАП) группы А.

Помимо связи с ЦАП алгоритмы АВА и АВБ позволяют корректировать диапазон выходного аналогового сигнала в двух точках, соответствующих 0 и 100% диапазона.

Алгоритм содержит до двух идентичных независимых каналов. Число этих каналов $0 \leq m \leq 2$ задается модификатором (рисунок 8).

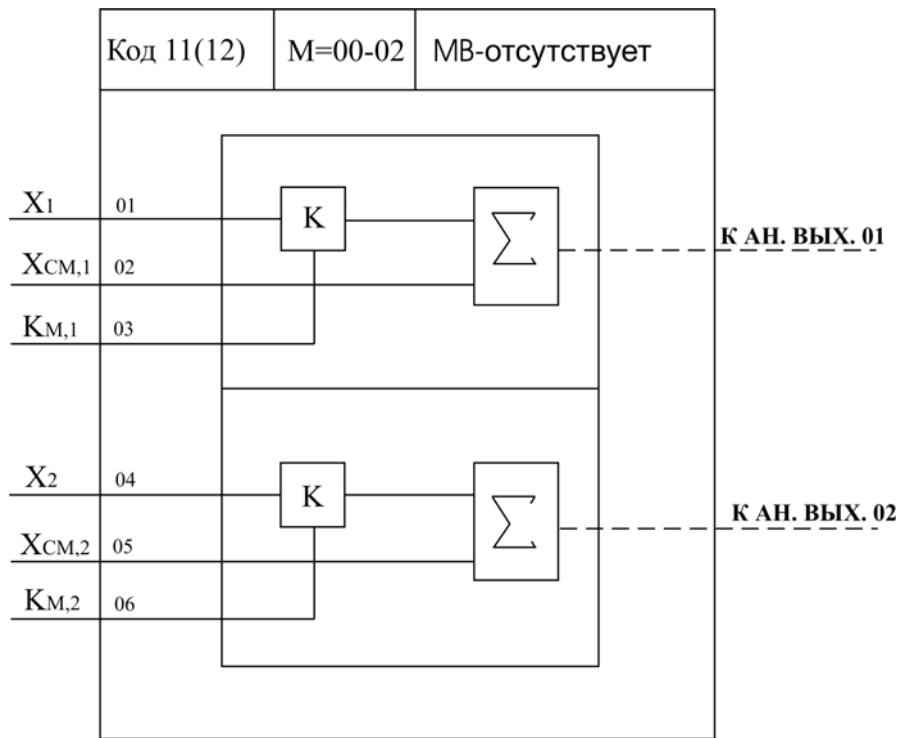


Рисунок 8 - Функциональная схема алгоритма АВА

Каждый канал связан с соответствующим (по номеру) аналоговым выходом контроллера. Эта связь образуется «автоматически», как только алгоритм АВА вводится в один из алгоблоков контроллера.

Прежде чем поступить на аналоговый выход, входной сигнал умножается на коэффициент и к полученному произведению добавляется сигнал смещения. Эти операции позволяют компенсировать смещение диапазона и нуля ЦАП.

Выходной аналоговый сигнал (на выходе ЦАП) равен $Y_{ан.вых,i} = X_i * K_{м,i} + X_{см,i}$.

Если коррекции не требуется, устанавливается масштабный коэффициент $K_{м,i} = 1$ и сигнал смещения $X_{см,i} = 0$.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

4.1 Лабораторная работа №1 «Исследование характеристик САР температуры с аналоговым регулятором»

Лабораторную работу необходимо выполнять в следующей последовательности:

1 Пользуясь методическими указаниями [2,3], изучить функциональные возможности и архитектуру Ремиконта Р-130, его основные технические характеристик.

2 Ознакомиться с конструкцией лабораторного комплекса.

3 Получить у преподавателя задание на разработку САР.

3 Пользуясь компьютерной информационно-справочной системой по контроллеру Ремиконт Р-130 и базой данных по алгоритмам Ремиконта (программа AlgoEdit), выбрать из библиотеки алгоритмов контроллера алгоритмы, необходимые для реализации заданной САР температуры на основе аналогового регулятора (РАН, ВАА, АВА, ИНВ). Изучить назначение и описание работы данных алгоритмов.

4 Используя редактор программ RemEdit, разработать для Ремиконта функциональную схему программы управления, реализующей функции САР температуры в электронагревательной установке.

5 Записать программу управления в контроллер Ремиконт.

6 Запустить на персональном компьютере программу визуализации данных интерфейсного обмена (программа RemVisual) и выполнить ее настройку.

7 Запустить программу управления контроллера.

8 Проанализировать графики переходных процессов в САР и сделать выводы.

4.2 Лабораторная работа №2 «Исследование характеристик САР температуры с двухпозиционным регулятором»

Лабораторную работу необходимо выполнять в следующей последовательности:

1 Пользуясь методическими указаниями [2,3], изучить функциональные возможности и архитектуру Ремиконта Р-130, его основные технические характеристик.

2 Ознакомиться с конструкцией лабораторного комплекса.

3 Получить у преподавателя задание на разработку САР.

4 Пользуясь компьютерной информационно-справочной системой по контроллеру Ремиконт Р-130 и базой данных по алгоритмам Ремиконта (программа AlgoEdit), выбрать из библиотеки алгоритмов контроллера алгоритмы, необходимые для реализации заданной САР температуры на основе двухпозиционного регулятора (ПОР, ВАА, АВА, ИНВ). Изучить назначение и описание работы данных алгоритмов.

5 Используя редактор программ RemEdit, разработать для Ремиконта функциональную схему программы управления, реализующей функции САР температуры в электронагревательной установке.

6 Записать программу управления в контроллер Ремиконт.

7 Запустить на персональном компьютере программу визуализации данных интерфейсного обмена (программа RemVisual) и выполнить ее настройку.

8 Запустить программу управления контроллера.

9 Проанализировать графики переходных процессов в САР с двухпозиционным регулятором и сделать выводы.

4.3 Отчет по лабораторной работе

В отчете указывается цель лабораторной работы, и приводятся следующие результаты ее выполнения:

- 1 Задание на разработку САР.
- 2 Функциональная схема программы автоматического регулирования температуры.
- 3 Графики переходных процессов в САР температуры.
- 4 Выводы по результатам моделирования работы САР температуры.
- 5 Электрическая схема подключения к блоку контроллера датчика температуры и исполнительного устройства (нагревателя) [3].

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Каково назначение стандартных алгоритмов, используемых в программе управления?
- 2 Каков принцип работы алгоритмов, используемых в программе управления?
- 3 Как выполняется подключение аналоговых датчиков и исполнительных устройств к блоку контроллера?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Контроллеры малоканальные многофункциональные, регулирующие микропроцессорные Ремиконты Р-130: техническое описание и инструкция по эксплуатации ЯЛБИ. 421457.001 ТО. - Чебоксары: Изд-во ЗЭИМ, 1998.
- 2 Сбродов Н.Б. Применение программируемого контроллера Ремиконт Р-130 в системах управления. Ч. 1. Функциональные возможности и архитектура: Методические указания к курсовому проектированию для студентов направления 550200. – Курган: Изд-во КГУ, 1998.
- 3 Сбродов Н.Б. Применение программируемого контроллера Ремиконт Р-130 в системах управления. Ч. 2. Организация ввода-вывода информации: Методические указания к курсовому проектированию по курсу «Системы автоматизации и управления» для студентов специальности 210200. – Курган: Изд-во КГУ, 2000.

Сбродов Николай Борисович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕГУЛИРУЮЩЕГО
КОНТРОЛЛЕРА**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
для студентов очной и заочной форм обучения специальности 220301
«Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении)», направлений 220400.62 «Управление в технических
системах» и 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Авторская редакция

| | | |
|--------------------|-------------------|----------------|
| Подписано к печати | Формат 60x84 1/16 | Бумага тип. №1 |
| Печать трафаретная | Усл.печ.л. 1,0 | Уч.-изд.л. 1,0 |
| Заказ | Тираж 30 | Цена свободная |

Редакционно-издательский центр КГУ.

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.

Курганский государственный университет.