



# РЕГУЛИРУЮЩИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ БАЗИС

**В.Р. ТУЧИНСКИЙ, И.Н. АНДРИЯНОВ**  
(ЗАО “Экоресурс”)



Рассмотрены промышленные контроллеры серии БАЗИС, основной задачей которых является регулирование технологических процессов. Это одно-, двух- и многоконтурные регулирующие контроллеры (в том числе взрывозащищенные), характеризующиеся широким спектром функциональных возможностей: от реализации простых ПИ- и ПИД-контуров до решения задач со сложными схемами регулирования.

Для построения систем регулирования технологических процессов ЗАО “Экоресурс” (г. Воронеж) в рамках контроллеров серии БАЗИС (общий обзор контроллеров данной серии в работе [1]) разработало и производит регулирующие контроллеры со специальными пользовательскими интерфейсами и функциональными возможностями. Такие контроллеры по сравнению с универсальными устройствами позволяют наиболее удобно и эффективно решать задачи регулирования.

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРУЮЩИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Регулирующие контроллеры серии БАЗИС имеют один или несколько контуров регулирования.

Каждый контур реализует:

- а) различные схемы регулирования, в том числе:
  - простую;
  - каскадную;
  - с задатчиком в виде произвольной расчетной функции или измеряемой величины;
  - с кусочно-линейным программным задатчиком;
  - с автоматически изменяемыми параметрами по циклограмме регулирования;
- б) управление различными исполнительными механизмами (ИМ):

- аналоговыми (токовыми и пневматическими);
  - широтно-импульсными (ШИМ);
  - реверсивными (МЭО, МЭМ и пр.);
- в) специальные законы регулирования с переключаемыми настройками;
  - г) автоматический подбор настроек для нового объекта регулирования (самонастройка);
  - д) индикацию параметров контура (переменная, задание, клапан) в цифровом виде, а также в виде трендов и барграфов.

Общие функции регулирующих контроллеров серии БАЗИС:

- удобный интерфейс оператора для управления параметрами контура регулирования;
- возможность управления с верхнего уровня (например, со SCADA-системы) посредством собственного OPC-сервера (поставляется бесплатно) или по протоколу MODBUS RTU.

В контроллерах реализованы следующие дополнительные функции:

- расчетные (математические) каналы по произвольно задаваемым формулам, используемые, в том числе как переменная или задание;
- регистрация параметров в виде архивных трендов;
- архивирование системных событий;
- дискретное и циклическое управление;
- световая и звуковая сигнализация нарушений технологических параметров.

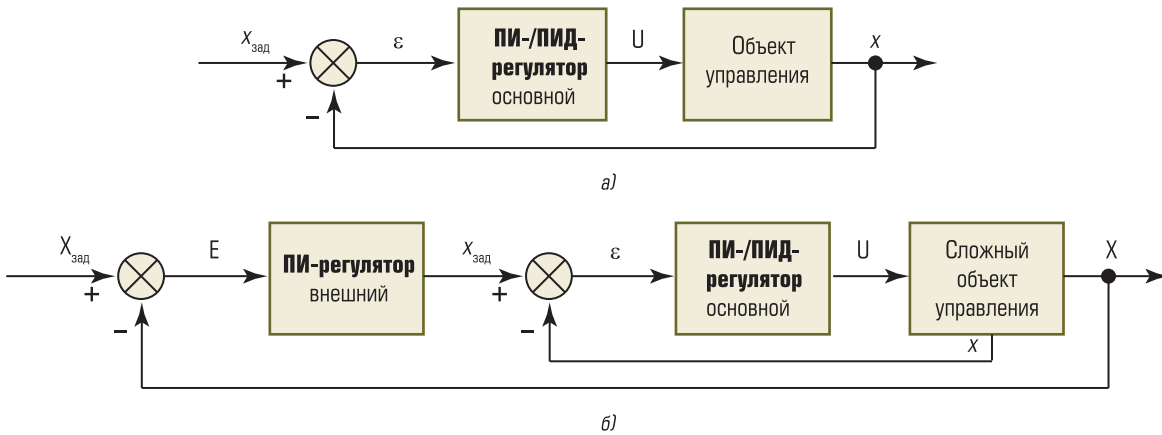


Рис. 1. Общий вид простой (а) и каскадной (б) схемы регулирования

**Алгоритмы регулирования**

Общий вид простой и каскадной схемы регулирования показан на рис. 1.

В регулирующих контроллерах серии БАЗИС алгоритм ПИД-регулятора реализуется по следующей формуле (1):

$$U = k_f (k_f \epsilon + \frac{1}{T_E} \int \epsilon dt + T_d \frac{d\epsilon}{dt}) \quad (1)$$

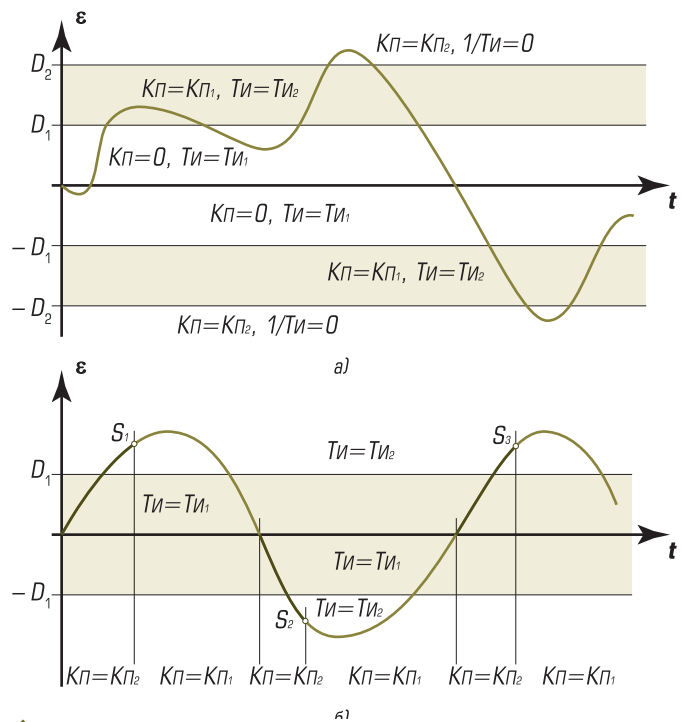
Кроме основных ПИД-настроек  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$ , в (1) используется также настройка  $K_o$  – так называемый коэффициент усиления контура регулирования. Часто (например, при использовании однотипных аппаратов) достаточно выбрать основные настройки  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$  один раз, и в дальнейшем, при необходимости, подстраивать контур только коэффициентом  $K_o$ , который компенсирует возможные изменения коэффициента усиления объекта со временем. Косвенной характеристикой увеличения коэффициента усиления объекта является усиление колебательности процесса регулирования. В этом случае  $K_o$  следует уменьшать. Для разных объектов, аналогичных по динамическим характеристикам, основные настройки подбираются также один раз, а подстройка осуществляется одним коэффициентом  $K_o$ .

Для многих объектов достаточно использования ПИ-регулятора как наиболее простого, надежного и при этом эффективного закона регулирования. Поскольку определение производной в промышленных условиях представляет собой достаточно сложную задачу, ПИД-регуляторы целесообразно применять только в тех случаях, когда не удастся достичь приемлемого результата с ПИ-законом. В программное обеспечение регулирующих контроллеров включены несколько запатентованных со-

трудниками ЗАО “Экоресурс” специальных алгоритмов с переключаемыми настройками ПИ-регулятора (пример на рис. 2), использование которых позволяет эффективно управлять многими сложными объектами [2].

**Самонастройка**

В основу автоматического определения коэффициентов регулирования положен следующий алгоритм: производится задаваемое скачкообразное изменение управляющего воз-



а) переключение настроек по абсолютному значению ошибки регулирования – авторское свидетельство на изобретение № 705417; б) переключение настроек по значению ошибки регулирования и ее производной – авторское свидетельство на изобретение № 970319.

Рис. 2. Работа специальных алгоритмов ( $K_{p1} < K_{p2}$ ,  $T_{i1} < T_{i2}$ )

действия, регистрируется кривая переходного процесса (так называемая кривая разгона), производится аппроксимация полученных данных передаточной функцией 1-го порядка с “чистым запаздыванием”, и для нее определяются оптимальные настройки. Известно, что такая аппроксимация дает хорошие результаты для широкого круга объектов.

Самонастройку коэффициентов ПИ- или ПИД-контура регулирования можно выполнять как для простой, так и для каскадной схемы регулирования. Перед началом самонастройки объект должен находиться в установленном состоянии. Оператору необходимо задать только два значения: величину скачка по управляющему воздействию на ИМ и ориентировочное время ожидаемого переходного процесса. Контроллер определяет момент окончания переходного процесса и выдает на экран результаты (пример на рис. 10), которые могут быть сохранены нажатием одной контекстной кнопки.

Оптимальные настройки ПИ- или ПИД-регулятора определяются по критерию минимального интегрального отклонения регулируемой переменной, обеспечивающему минимальную колебательность при достаточно большом быстродействии [2].

**КОНТРОЛЛЕР БАЗИС-12.Р (ОДИН ПРОСТОЙ ИЛИ КАСКАДНЫЙ КОНТУР)**

- Каналы, количество (шт.):
- универсальный вход, в том числе Ex (токовый, термосопр., термодарный) ..... 2
  - токовый или двухпозиционный вход, в том числе Ex ..... 1
  - токовый выход, в том числе Ex ..... 1
  - транзисторный или релейный выход ..... 8

- Тип и диагональ индикатора ..... OLED 2,7"
- Габариты (В×Ш×Д), мм: ..... 156×74×230
- Внешний вид контроллера – рис. 3.

**КОНТРОЛЛЕРЫ БАЗИС-12.РР И БАЗИС-12.УРС (ДВА ПРОСТЫХ ИЛИ КАСКАДНЫХ КОНТУРА)**

- Каналы, количество (шт.):
- универсальный вход, в том числе Ex (токовый, термосопр., термодарный) ..... 3
  - токовый вход/выход, в том числе Ex ..... 1
  - токовый выход, в том числе Ex ..... 1
  - транзисторный или релейный выход ..... 8
  - Тип и диагональ индикатора ..... OLED 2,7"
  - Габариты (В×Ш×Д), мм:
    - БАЗИС-12..РР ..... 156×74×230
    - БАЗИС-12.УРС ..... 156×130×230

- Дополнительно для БАЗИС-12.УРС:
- специальные светодиодные элементы 20×10, шт. .... 8
  - пользовательские кнопки ручного управления ..... 4
  - Внешние виды контроллеров – рис. 4.

**КОНТРОЛЛЕР БАЗИС-21.Р (ЧЕТЫРЕ ПРОСТЫХ ИЛИ КАСКАДНЫХ КОНТУРА)**

- Каналы, количество (шт.):
- вход (токовый, термосопр., термодарный, универсальный), в том числе Ex ..... 8-24
  - токовый выход, в том числе Ex ..... 8
  - транзисторный или релейный выход ... 4-34
  - Тип и диагональ индикатора ..... TFT 5,5"
  - Габариты (В×Ш×Д), мм ..... 156×220×276
  - Внешний вид контроллера – рис. 5.



Рис. 3. БАЗИС-12.Р



а)



б)

Рис. 4. БАЗИС-12.РР (а) и БАЗИС-12.УРС (б)



▲ Рис. 5. БАЗИС-21.РР

**КОНТРОЛЛЕР БАЗИС-21.РР  
(ВОСЕМЬ ПРОСТЫХ  
ИЛИ ЧЕТЫРЕ КАСКАДНЫХ  
КОНТУРА)**

Количество каналов аналогично БАЗИС-21.РР.  
Тип и диагональ индикатора ..... TFT 10,4"  
Кнопки ручного дискретного управления, шт ..... 2  
Габариты (В×Ш×Д), мм ..... 200×324×310  
Внешний вид контроллера — рис. 6.



▲ Рис. 6. БАЗИС-21.2РР

**КОНТРОЛЛЕР БАЗИС-21.2ЦУ  
(ВОСЕМЬ ПРОСТЫХ ИЛИ  
ЧЕТЫРЕ КАСКАДНЫХ КОНТУРА)**

Характеристики аналогичны БАЗИС-21.2РР.  
Контроллер позволяет комбинировать решение задач регулирования с решением задач ПАЗ, регистрации и сигнализации.  
Внешний вид контроллера — рис. 7.

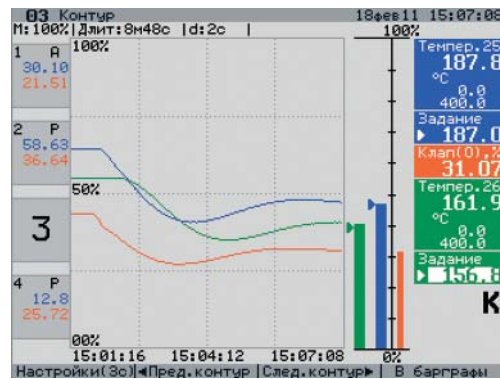


▲ Рис. 7. БАЗИС-21.2ЦУ

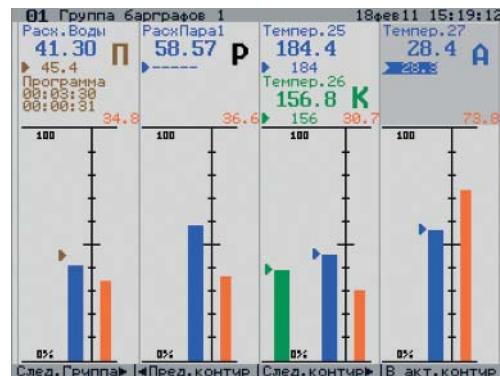
**Интерфейс с оператором**

Регулирующие контроллеры серии БАЗИС обладают удобным интерфейсом, который включает:

- выделенные кнопки управления контурами регулирования, например, кнопка быстрого выбора контуров регулирования, кнопки переключения режимов работы, изменения значения клапана/задания активного контура и др. (рис. 3-7);
- специальные экраны для управления контурами регулирования, например, АКТИВНЫЙ КОНТУР, БАРГРАФЫ и др. (рис. 8-10), а для контроллеров ЖКИ 10,4" дополнительно – совмещение двух режимов отображения одновременно (рис. 11).



▲ Рис. 8. Режим АКТИВНЫЙ КОНТУР



▲ Рис. 9. Режим БАРГРАФЫ

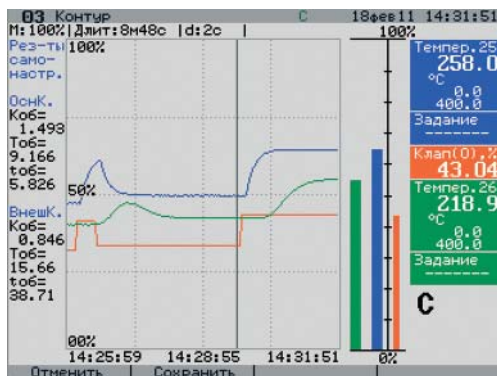


Рис. 10. Пример результатов работы самонастройки

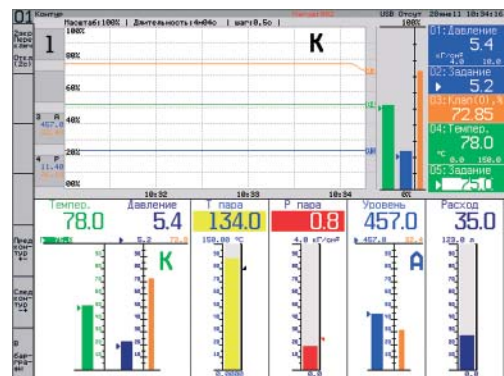


Рис. 11. Совмещение двух режимов отображения

### ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ

Для реализации регулирования в системах с пневматическими каналами ЗАО “Экорсурс” разработало и производит преобразователь БАЗИС-61, который в зависимости от модификации имеет каналы пневмо-электро (ПЭ) или/и электро-пневмо (ЭП) преобразования. В частности, модификации преобразователя БАЗИС-61.44 и БАЗИС-61.48 (рис. 12а) имеют соответственно 4 или 8 каналов ПЭ преобразования; БАЗИС-61.41 – один канал ЭП преобразования, а БАЗИС-61.42 (рис. 12б) – по одному каналу ПЭ и ЭП преобразования. Пример системы регулирования с использованием БАЗИС-61.42 показан на рис. 13.

Такое построение может быть использовано для модернизации пневматических схем

регулирования путем замены “средней” части (пневматического регистратора и пневморегулятора, не обеспечивающих современное качество выполнения функций) на электронную при сохранении пневмолиний, датчиков и ИМ.

### Построение сложных систем (мини АСУ ТП)

На некоторых регулирующих контроллерах серии БАЗИС, например, на таких как БАЗИС-21.2РР или БАЗИС-21.2ЦУ, эффективно строить мини АСУ ТП, которые эффективно решают задачи логического управления (в том числе событийного и циклического) с синхронизацией работы дискретных выходных каналов и контуров регулирования, задачи ПАЗ, регистрации и сигнализации.

Вопросы построения таких систем выходят за рамки данной статьи; более подробно эта тема освещалась в статьях [3, 4].



Рис. 12. Общий вид преобразователя БАЗИС-61.48 (а) и БАЗИС-61.42 (б)

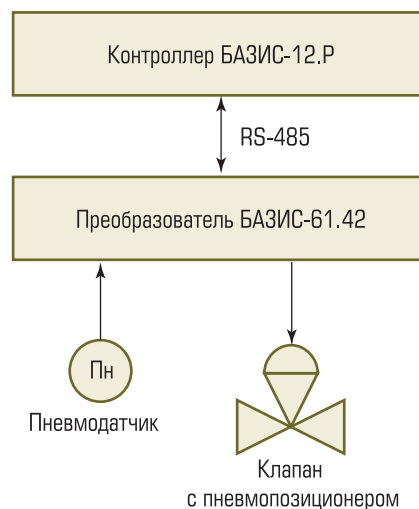


Рис. 13. Структурная схема пневмо-электронной системы регулирования

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящей статьи рассмотрены контроллеры серии БАЗИС, основными функциями которых является реализация схем регулирования. Эти контроллеры выполняют также ряд других задач (регистрация, сигнализация, дискретное и циклическое управление). Они удобны в эксплуатации и применяются на многих предприятиях. ЗАО “Экоресурс” обеспечивает полную техническую поддержку своей продукции на всем жизненном цикле: от проектирования до многолетней эксплуатации.

## Список литературы

1. *Тучинский С.В., Андриянов И.Н.* Промышленные контроллеры серии БАЗИС // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2010. №1.
2. *Тучинский В.Р., Андриянов И.Н., Тучинский С.В.* Реализация автоматического регулирования на искробезопасных контроллерах серии БАЗИС // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. №10.
3. *Тучинский С.В., Андриянов И.Н.* Регулирующие контроллеры серии БАЗИС // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. №3.
4. *Тучинский С.В., Андриянов И.Н.* Развитие серии БАЗИС: контроллеры с цветным ЖКИ 10,4" // Приборостроение и средства автоматизации. 2009. №12.

---

*Тучинский Владимир Рафаилович* – канд. техн. наук, генеральный директор,  
*Андриянов Игорь Николаевич* – канд. техн. наук, начальник отдела документирования и тестирования ЗАО “Экоресурс”.