

# ПИД-регулятор: сложное решается просто!



Ни для кого не секрет, что простых технологических процессов на практике не существует, как и не существует простых контуров управления. Нельзя свести все разнообразие объектов под один общий шаблон АСУТП. Вот и молодой инженер, выпускник ВУЗа, попадая на предприятие, будет шокирован тем, что большая часть информации по контурам регулирования, приведенная в учебниках по Теории автоматического управления (ТАУ) «немного» не соответствует действительности. Потому и приходится этому инженеру сперва осваивать азы работы автоматических регуляторов в реальных условиях.

Кстати, о регуляторах. Привычный нам ПИД-регулятор был изобретен в далеком 1910-м году. Методика настройки его параметров впервые была предложена учеными Зиглером и Никольсом в 1942-м. С тех пор регулятор перетерпел множество изменений, что повлекло за собой появление целой серии приборов, внутренняя структура которых отличается (порой – значительно) от структуры идеального ПИД-регулятора.

В качестве примера рассмотрим ПИД-регуляторы из библиотеки алгоритмов универсального контроллера МИК-51 производства «Микрол»



(г. Ивано-Франковск, [www.microl.ua](http://www.microl.ua)). Всего МИК-51 имеет 7 алгоритмов ПИД-регуляторов, причем, настолько разнообразных, что с помощью всего одного такого контроллера можно создавать сложные многоконтурные системы автоматического регулирования.

## Алгоритмы ПИД-регуляторов универсального контроллера МИК-51

Функциональный блок PID(60) (рис. 1.) представляет собой обычный аналоговый ПИД-регулятор, который может работать в 4-х режимах: ручном (РУ), локальном (ЛУ), каскадном (при использовании двух таких функциональных блоков, КУ) и в режиме следящего управления (СУ).

Функциональный блок PID\_IMP(62) является аналогом предыдущего регулятора, только, в данном случае, он работает с импульсным исполнительным механизмом (например, с МЭО). Соответственно, данный блок имеет

дополнительные параметры настройки: минимальная длительность импульса, время механизма, минимальная задержка между включениями и переменную слежения за положением исполнительного механизма. Как и в случае использования аналогового ПИД-регулятора, объединение двух блоков PID\_IMP(62) позволяет собрать каскадный регулятор.

Блок PID\_CAS(61) позволяет заменить два функциональных блока аналогового ПИД-регулятора, включенных в каскадном режиме, но отличается от них повышенной устойчивостью к возмущениям и имеет дополнительные внутренние защиты при достижении параметров предаварийных значений. Кроме того, блок PID\_CAS(61) привязывается к одной передней панели, что значительно облегчает процесс управления им (2 блока PID(60), соединенных в каскад, соответственно будут использовать 2 передних панели регулирования).

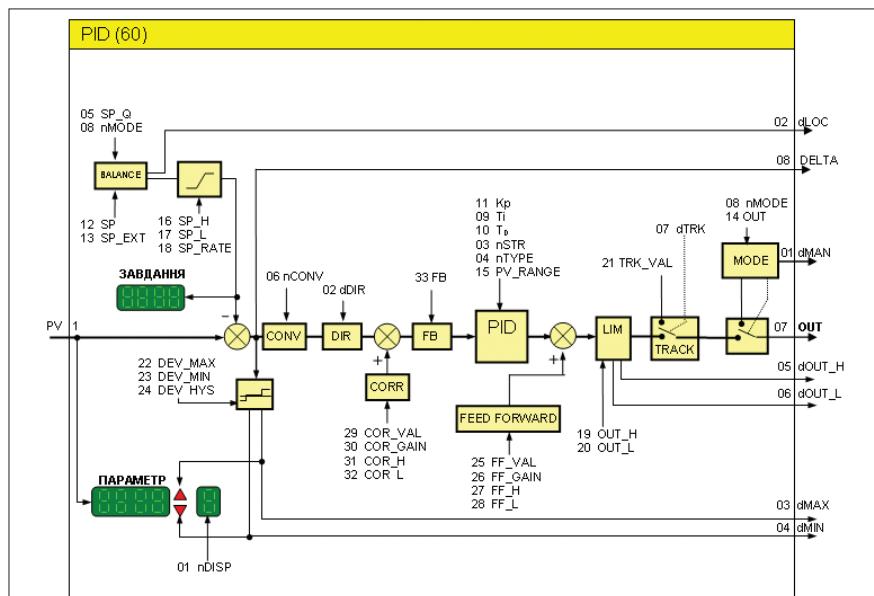


Рис.1. Структура функционального блока PID(60)(CY)

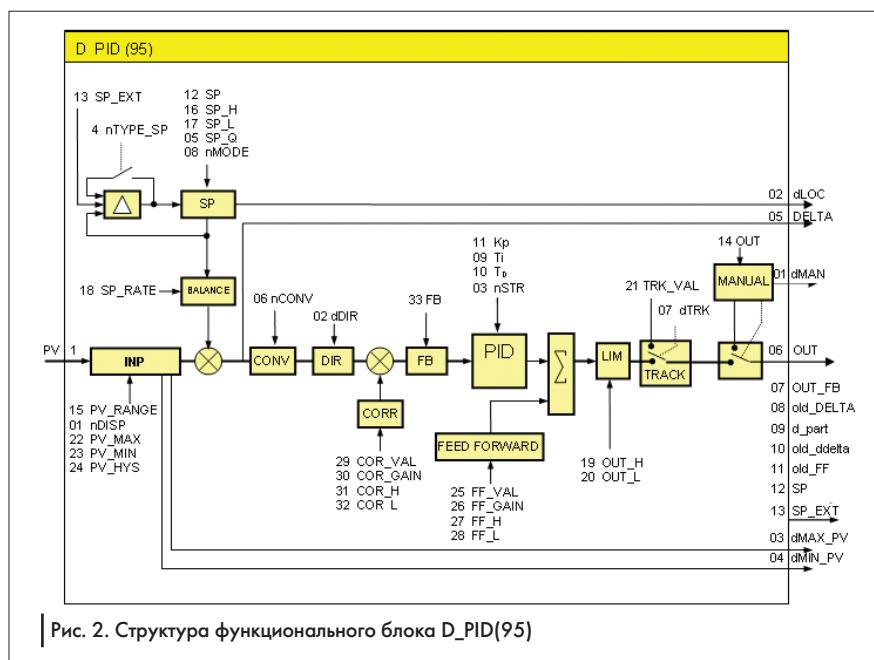


Рис.2. Структура функционального блока D\_PID(95)

Функциональный блок PID\_R(90) является аналогом блока PID(60) с измененной схемой перехода между режимами. Добавлены дискретные входы MAN, LOC и CAS и выход задания, что позволяет создавать программы контуров регулирования с внутрипрограммным переходом между режимами.

Последними в списке (но, наверное, первыми по универсальности) являются функциональные блоки дельта-регуляторов – аналогового (D\_PID(95), рис. 2) и импульсного (D\_PID\_I(96)). С одной стороны, дельта-регуляторы несколько сложнее в понимании сути их работы, но с другой – являются универсальными звеньями, на базе которых можно собрать систему автоматического регулирования (САР) любой

сложности. Путем соответствующей настройки из дельта-регулятора удается получить любой вышеуказанный регулятор с дополнительными функциональными возможностями.

На рис. 3 представлена структура контура каскадного регулирования, построенная на базе двух функциональных блоков дельта-регуляторов D\_PID(95). На первый взгляд, схема ничем особым не отличается от типового варианта каскадного регулирования. Но отличие есть, причем, не одно. Прежде всего, такой контур не обязательно должен состоять только из двух блоков (D-PID-MASTER и D-PID-SLAVE). Структуру можно наращивать как «в длину» (каскадное и многоскладное регулирование), так и «в ширину» (составление параллельных

контуров регулирования, когда, к примеру, измерительный параметр один, а регулирующих органов – два: в основной линии и в байпасной).

Следующим отличием является наличие в структурах регуляторов специального  $\Delta$ -блока, который по определенному закону корректирует заданную точку, обеспечивая тем самым безударность переходов на другую заданную точку любого из регуляторов в каскаде (а не только MASTER-регулятора в обычных схемах) и, кроме того, повышает устойчивость системы в целом.

Еще одним отличием является присутствие нелинейной отрицательной цепи обратной связи между регуляторами (FB, FeedBack). Она обеспечивает значительное увеличение запаса устойчивости системы, а также упрощает ее настройку. Отрабатывая обратную связь, регуляторы будут сами себя контролировать в случае возникновения больших значений рассогласования. Кроме того, наличие необходимых входов и выходов обратной связи функциональных блоков позволяет построить на базе контроллера МИК-51 многосвязный регулятор.

На рис. 4 показана «широкая» структура контура регулирования, в состав которого входят два дельта-регулятора, включенных параллельно. Такой контур применяется тогда, когда нужно добиться высокой точности регулирования. На объекте устанавливается два регулирующих органа: в основной линии и в байпасной (последний – со значительно меньшей пропускной способностью). D-PID-1 функционирует как обычный ПИД-регулятор и управляет положением регулирующего органа основной линии. Регулятор D-PID-2 (отвечает за положение РО в байпасе) включен таким образом, что на его вход регулируемый параметр не подается. С другой стороны, он имеет жесткую привязку к выходу блока обратной связи регулятора D-PID-1, сигнал с которого поступает на блок коррекции CORR регулятора D-PID-2. Настраивая блок DIR этого регулятора можно задать, будет ли работать регулятор D-PID-2 параллельно D-PID-1, или же будет находиться в противофазе, тем самым, минимизируя возможное перерегулирование в замкнутой системе.

Все функциональные блоки ПИД-регуляторов из библиотеки алгоритмов МИК-51 имеют целый ряд одинаковых узлов, что обеспечивает их совместимость между собой и повышают их универсальность. Сюда входят:

- ▶ узел балансировки, который обеспечивает безударный переход между режимами работы;
- ▶ блок преобразования сигнала отклонения по одной из заданных

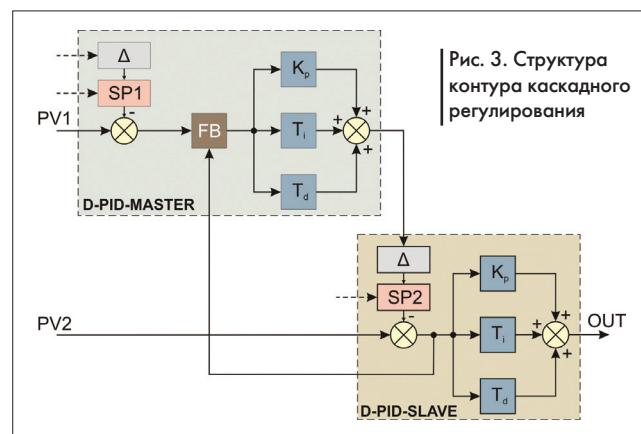


Рис. 3. Структура контура каскадного регулирования

функций ( $y=x$ ,  $y=\text{sqrt}(x)$ ,  $y=\log(x)$ ,  $y=e^x$ ,  $y=x^2$ ,  $y=1/x$ );  
 ▶ узел динамической (статической) коррекции задания;  
 ▶ блок предварения управляющего воздействия. Предварение является динамическим параметром и действует на положение рабочей точки регулятора. Изменяя этот внутренний параметр, регулятор быстрее выходит на новую рабочую точку, если имеется информация об ее возможном изменении. Например, сигналом предварения может служить увеличение или уменьшение расхода пара в случае регулирования уровня воды в барабане котла. Использование данного параметра в процессе регулирования позволяет значительно улучшить качество регулирования;  
 ▶ блок TRACK, что позволяет перевести регулятор в режим следящего управления (СУ).

#### Режим следящего управления

Переход в следящий режим приостанавливает регулятор. Он «замирает», запоминая значения пропорциональной (K<sub>p</sub>), интегральной (T<sub>i</sub>) и дифференциальной (T<sub>d</sub>) составляющих регулирующего воздействия, которые были в момент перехода в режим СУ. При возвращении из режима следящего управления в локальное, регулятор

продолжит функционировать, начиная с сохраненных значений K<sub>p</sub>, T<sub>i</sub> и T<sub>d</sub> регулирующего воздействия с учетом балансировки.

Есть 3 основных способа использования режима следящего управления в контурах автоматического регулирования. Прежде всего, режим СУ используется в случае возникновения аварийных или нештатных ситуаций. Переход в этот режим происходит путем подачи логической «1» на вход dTRK блока ПИД-регулятора. При этом на выходе регулятора устанавливается заданное в параметре TRK\_VAL безопасное положение или отслеживается значение данного параметра, если он запрограммирован как связанный.

Другим вариантом использования следящего управления является отработка обратной связи о объекте. Данный вариант предполагает использование блока ручного управления БРУ-10 (-5, -5К1, -7, -7К1), установленного по месту и включенного в разрыв линии подачи управляющего воздействия от контроллера на исполнительный механизм. Когда блок БРУ находится в режиме автоматического регулирования, сигнал от контроллера подается на исполнительный механизм напрямую. При переводе блока БРУ в ручной режим управления по месту, он формирует дискретный сигнал перевода ПИД-регулятора контроллера МИК-51 в следящий режим. ПИД-регулятор по обратной связи отслеживает положение исполнительного механизма, который управляет

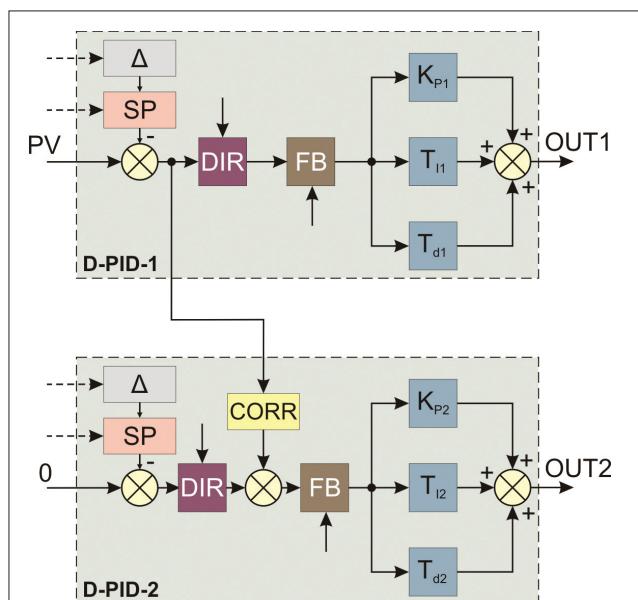


Рис. 4. Структура контура параллельного регулирования

с передней панели блока БРУ. Такое включение обеспечивает безударность при переходе из ручного режима назад в автоматический блоком БРУ.

#### Квантовый регулятор

Еще один вариант использования следящего управления в контроллере МИК-51 – составление квантового регулятора. Сама идея квантового регулирования (регулирования во временных интервалах) является достаточно молодой, но уже нашла широкое применение в тех областях, где использовать обычные ПИД-регуляторы не представляется возможным в силу особенностей технологического процесса (в частности, там, где объект работает в непрерывно-циклическом режиме).

Суть такого процесса состоит в том, что он напрямую привязан к временной диаграмме. Сперва идет загрузка сырья в технологический аппарат, затем протекают необходимые процессы переработки с поддержанием параметров регуляторами в указанных границах. Конечным этапом является отгрузка полученного продукта. Затем цикл повторяется.

При использовании ПИД-регуляторов контроллера МИК-51 с помощью перевода их из локального режима работы в следящий и назад можно добиться высоких показателей качества регулирования, поскольку регулятор в каждом цикле будет работать с учетом того состояния, в котором он находился в момент перевода в режим слежения.

В заключение отметим, что все вышеизложенное – всего лишь одна из составляющих того, на что способен контроллер МИК-51. **М**

**ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

БРУ-7

- PLC-контролери
- ПІД-регулятори
- технологічні індикатори
- блоки управління
- нормалізатори сигналів
- блоки живлення
- SCADA-системи

УКРАЇНА, 76036, м. Івано-Франківськ  
тел. 8 (0342) 502701, 502702, 502704,  
тел. 8 (0342) 504410, 504411  
<http://www.microl.ua>