

РЕГУЛЯТОРЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Во многих автоматических системах регулирования (АСР) технологических процессов применение типовых ПИ- и ПИД-регуляторов не дает удовлетворительных результатов – при отработке значительных возмущений регулируемая величина выходит за технологическую (допустимую) зону или за аварийные границы. Например, в АСР давления в процессе синтеза метанола наиболее эффективными оказались регуляторы с переменной структурой и настраиваемыми зонами нечувствительности (РПС), у которых в нормальном режиме работы процесса дифференциальная составляющая закона регулирования отключена. При действии больших возмущений происходит быстрая перестановка регулирующего органа за счет переключения структуры РПС. Регуляторы РПС с настраиваемыми зонами нечувствительности характеризуются малым числом переключений структуры в течение переходного процесса и повышенной помехозащищенностью [1 - 4].

1. Принципы построения регуляторов с переменной структурой

Регуляторы с переменной структурой (РПС) дополнительно содержат блок переключения структуры (ПС) и логическое устройство (ЛУ). Переключение структуры осуществляется логическим управляющим сигналом R_k , формируемым в блоке ЛУ по определенному закону из сигнала рассогласования ε или связанной с ним величины [5].

На фазовой плоскости АСР с регулятором РПС обычно выделяют следующие характерные участки или области:

I – две области «от задания», в которых требуется активное вмешательство в течение процесса, когда и сигнал ошибки ε и его производная $\dot{\varepsilon}$ имеют одинаковый знак, т.е. регулируемая координата Y «убегает» от задания Y_3 ;

II – две области «к заданию», в которых такое вмешательство необходимо в меньшей степени или не требуется совсем, здесь сигналы ε и $\dot{\varepsilon}$ имеют разные знаки, т.е. регулируемая координата Y «бежит» к заданию Y_3 .

В первых из этих областей «от задания» для скорейшей компенсации рассогласования используют «форсированные» настройки регулятора (увеличивают коэффициенты передачи), применяют более сложный закон управления (например, ПИД- вместо ПИ-закона и т.п.). Для областей «к заданию» используют «умеренные» настройки регулятора, упрощают закон управления или не изменяют управляющее воздействие U совсем ($U = \text{const}$).

В регуляторах РПС помимо ортогональных к координатным осям линий переключения параметров широко применяются (особенно для объектов с запаздыванием) линии переключения с произвольным наклоном. Их введение позволяет более гибко и адекватно изменять параметры (структуру) регуляторов, упрощая в то же время их конструкцию.

Введение в закон регулирования зоны нечувствительности позволяет повысить устойчивость системы управления и, кроме того, это приводит к значительному снижению частоты переключения структур, что снижает износ испол-

нительных механизмов. С целью повышения качества регулирования одновременно с зоной нечувствительности по ошибке вводят также зону нечувствительности по скорости $\dot{\varepsilon}$. Производная по ошибке включается в закон управления в случае, если значения сигналов ошибки и ее производной превышают заданные пределы изменения и имеют одинаковые знаки [5].

2. Регуляторы с переменной структурой типа РПС-1

Регулятор РПС-1 с двумя линиями переключения и двумя настраиваемыми зонами нечувствительности (НЗН) представляет собой наиболее общий случай алгоритма РПС и позволяет реализовать в качестве частных многие известные законы регулирования (в том числе ПИ- и ПИД-регуляторы как обычные линейные, так и с переменной структурой) [9]. Логическое устройство (ЛУ) регулятора разбивает фазовую плоскость системы управления четырьмя линиями переключения на пять областей, как это показано на рис. 1:

I – область нормального режима (окрестность начала координат);

II – область, характеризующаяся значительной величиной ошибки регулирования ε при относительно малой скорости ее изменения;

III – область, где, наоборот, величина ошибки ε по сравнению с ее производной относительно мала;

IV – область, в которой абсолютное значение ошибки увеличивается (т.е. регулируемая координата Y удаляется от задания Y_3) или значение ошибки уменьшается, но либо очень медленно, либо очень быстро;

V – область, в которой абсолютное значение ошибки уменьшается с заданным показателем затухания.

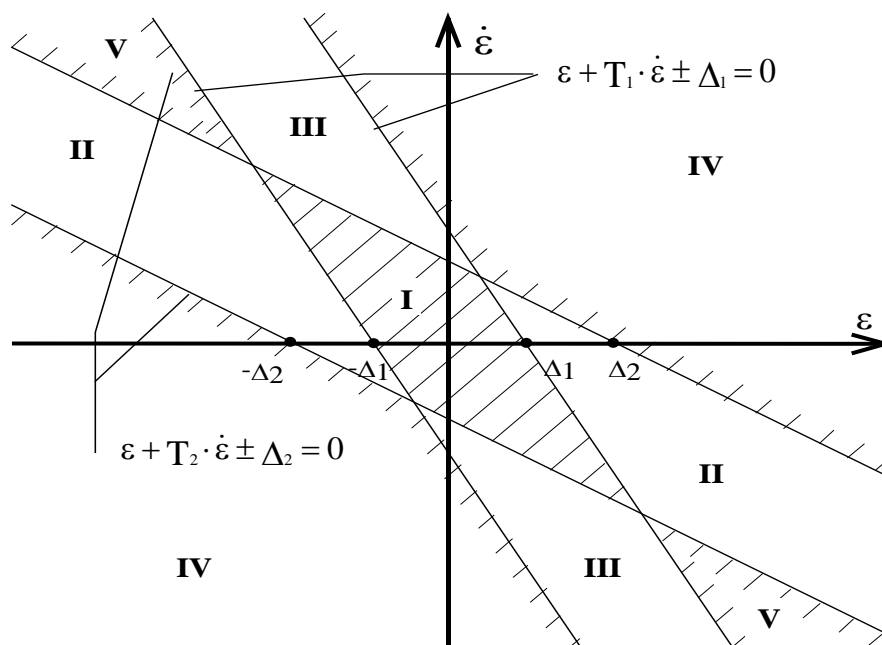


Рис. 1. Разбиение фазовой плоскости на области регулятором РПС-1

Структурная схема регулятора РПС-1 включает в себя собственно ПИД-регулятор и логическое устройство (ЛУ), которое совместно с двумя блоками предварения с передаточными функциями $(1 + T_1 p)$ и $(1 + T_2 p)$, двумя релейны-

ми звеньями с настраиваемыми пределами зоны нечувствительности (Δ_1, Δ_2) и переключателем структуры (ПС) осуществляет изменение параметров (структуры) регулятора. В каждой области фазовой плоскости системы управления командными сигналами ЛУ регулятора выбираются необходимые параметры (структура) регулятора (при этом за основу принимается ПИД-алгоритм) [9].

Особенностью регулятора РПС-1 является отсутствие изменения управляющего воздействия U в окрестности начала координат фазовой плоскости (при малых ε и $\dot{\varepsilon}$), что позволяет повысить помехозащищенность системы регулирования. Наличие двух линий переключения и зон нечувствительности повышает устойчивость системы при наличии запаздывания в объекте управления, а последовательное многоступенчатое переключение параметров регулятора уменьшает величину скачков по управляющему воздействию, что приводит к увеличению срока службы исполнительного механизма. Кроме этого, за счет переключения параметров и применения форсированных воздействий регулятора повышается точность обработки задающего воздействия.

3. Регуляторы с переменной структурой типа РПС-2

Регуляторы РПС-2 с «плавающей» зоной нечувствительности (ПЗН) содержат ЛУ одинаковой структуры и отличаются лишь построением регулирующих частей [10]. Данный алгоритм более прост в реализации по сравнению с регулятором РПС-1. Упрощение в РПС-2 достигнуто за счет совмещения функций формирования двух линий переключения в одном блоке предварения путем скачкообразного изменения его постоянной времени, а также совмещения функций формирования двух зон нечувствительности в одном блоке, причем изменение величины зоны нечувствительности Δ происходит плавно.

Структурные схемы РПС-2 содержат регулятор, логическое устройство (ЛУ), элемент сравнения и блок предварения (БП). Логическое устройство изменяет параметры блока предварения и регулирующей части. ЛУ обеих моделей РПС-2 имеют идентичную структуру. В регуляторе первой модели (РПС-2/1) блок предварения используется только для формирования ЛППН, а в регуляторе РПС-2/2 – и для формирования управляющего воздействия U .

В нормальном режиме работы АСР (при отсутствии возмущений) в регуляторе РПС-2 устанавливаются следующие параметры: $\Delta = \Delta_1$, $T_n = T_{n1}$, $R_k = 0$, т.е. регулятор находится в «ждущем» режиме с малой величиной зоны нечувствительности. В процессе компенсации возмущения, когда выходной сигнал блока предварения превышает по абсолютному значению величину зоны Δ , в блоке предварения устанавливается большая постоянная времени T_{n2} , а величина зоны нечувствительности растет по экспоненте с постоянной времени T_Δ до верхнего предела Δ_2 . В результате после компенсации возмущения обратное переключение параметров регулятора (и блока предварения) произойдет раньше, чем у РПС с одной линией переключения, что позволяет повысить помехозащищенность и устойчивость АСР [10].

4. Регуляторы с переменной структурой типа РПС-Г

Регулятор РПС-Г (рис. 2) представляет собой комбинацию (гибрид) различных узлов регуляторов РПС-1 и РПС-2/2. Структурная схема регулятора

РПС-Г содержит собственно регулятор 1 (ПИ-звено) и логическое устройство 4, которое совместно с блоком предварения 2 и релейными звеньями 5, 6 с НЗН осуществляет многоступенчатое изменение постоянной времени в блоке предварения (БП). Логическое устройство (ЛУ) РПС-Г эквивалентно ЛУ регулятора РПС-1, но с соответствующими изменениями, а собственно регулирующий узел, состоящий из последовательно соединенных БП с переключаемой постоянной времени и ПИ-звена, подобен регулирующей части схемы РПС-2/2. Логическое устройство (ЛУ) регулятора РПС-Г разбивает фазовую плоскость системы управления четырьмя линиями переключения на пять областей, как это было показано на рис. 1 для регулятора РПС-1.

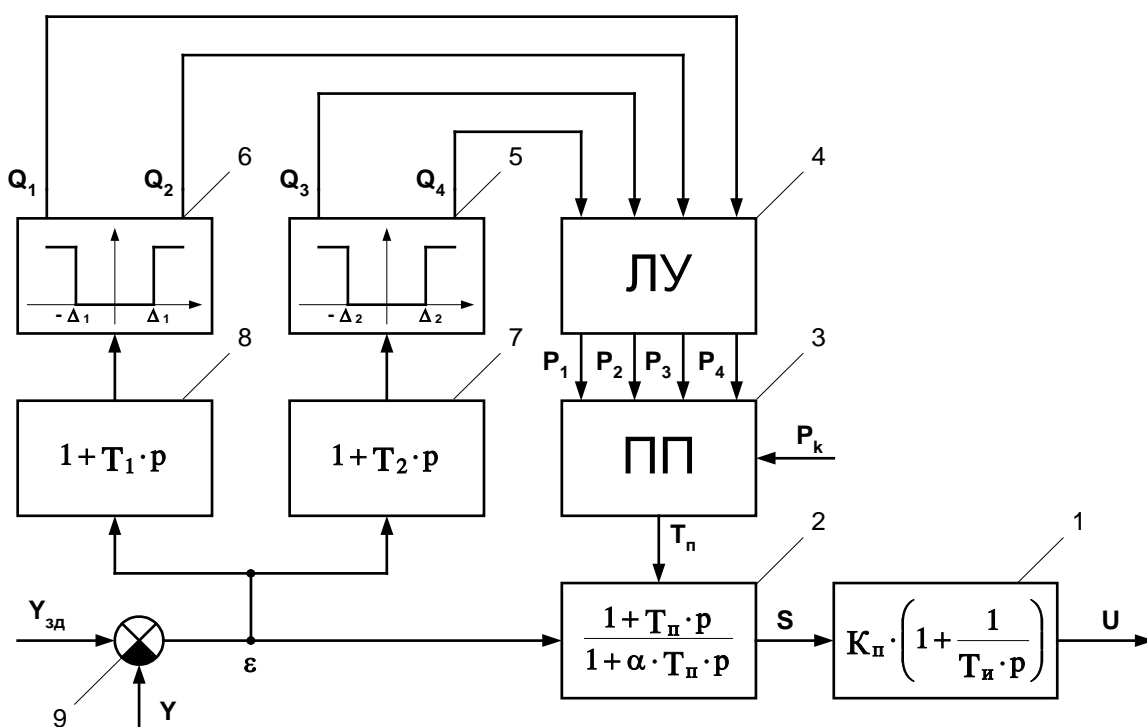


Рис. 2. Структурная схема регулятора РПС-Г

В отличие от РПС-2/2 в регуляторе РПС-Г постоянная времени T_{Π} блока предварения в процессе переключений может принимать четыре различных значения: 0, $T_{\Pi 1}$, $T_{\Pi 2}$, ∞ , причем обычно $T_{\Pi 2} > T_{\Pi 1} > 0$. Установка в блоке предварения постоянной времени $T_{\Pi} = \infty$ равносильна включению звена с коэффициентом усиления $1/\alpha$. В зависимости от того, каким образом переключаются значения параметра T_{Π} , возможны различные модификации РПС-Г-регулятора.

Регуляторы с переменной структурой довольно просто реализуются на микропроцессорных контроллерах типа ПРОТАР и Ремиконт Р-130 [5].

Литература по регуляторам с переменной структурой

1. Теория систем с переменной структурой/ Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Наука, 1970. – 592 с.
2. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Говоров А.А. и др. Регуляторы с переменной структурой для непрерывных технологических процессов с запаздыванием// Приборы и системы управления. 1986. - № 4. - с. 23 - 26.

3. Говоров А.А. и др. Пневматические регулирующие устройства с расширенными функциональными возможностями для управления нефтехимическими и химико-технологическими процессами. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1991. - 104 с.
4. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Говоров А.А. и др. Алгоритмы анализа и оптимизации АСР с расширенными функциональными возможностями для химико-технологических процессов// Теоретические основы химической технологии, Т. 26, 1992, № 4. – М.: РАН, 1992. – С. 562 - 569.
5. Говоров А.А., Говоров С.А. и др. Микропроцессорные контроллеры АСР с расширенными функциональными возможностями.- Тула: ТулГУ, 2003. -172 с.
6. Говоров А.А., Баженов В.И. Пневматические регуляторы и устройства с переменной структурой и настраиваемыми зонами нечувствительности// Пневмоавтоматика: XIV Всесоюз. совещ. - М.: Наука, 1982. - С. 62 - 64.
7. Говоров А.А. и др. Пневматические регулирующие устройства с расширенными функциональными возможностями// XI-th International Conference on Fluidics "Jablonna'88".- Varna, Bulgaria. - Sofia, 1988. - P. 124 - 130.
8. Lavrov A.A., Govorov A.A. Construction Principles and Realization Methods of Controllers with Variable Structure// Preprints of 8-th International Student Olympiad on Automatic Control. – St. Petersburg: Technical University, 2000, pp. 94 – 99.
9. Пат. 2161326 РФ МПК G 05 В 11/36. Регулятор с переменной структурой/ А.А. Говоров, Е.В. Кузьмичев, А.А. Лавров. - Оpubл. БИ.- 2000.- № 36.- 9 с.
- 10.А.с. 718834, 748345, 851337 СССР МКИ G 05 В 11/58. Пневматический регулятор с переменной структурой/ А.А. Говоров, В.В. Подсевалов и др. - Оpubл. в БИ. - 1980. - № 8. - 3 с.; - № 26. - 4 с.; - 1981. - № 28. - 6 с.
- 11.А.с. 889654, 977450 СССР МКИ С 07 С 31/04. Устройство для регулирования температурного режима в колонне синтеза метанола/ А.А. Говоров, В.И. Саломыков и др. - Оpubл. в БИ. – 1981. - № 46; 1982. - № 44. - 4 с.