

РЕГУЛЯТОРЫ С ЗАЩИТОЙ ОТ НАСЫЩЕНИЯ

В большинстве типовых регуляторов и автоматических устройств отсутствует защита от насыщения при выходе сигналов управления за установленные пределы изменения, ограничение выходных сигналов на заданных уровнях с одновременной защитой их от насыщения. В общем случае ПИ-регулятор с защитой от насыщения (ПИ-РЗН) может иметь вид, представленный структурной схемой на рис. 1.

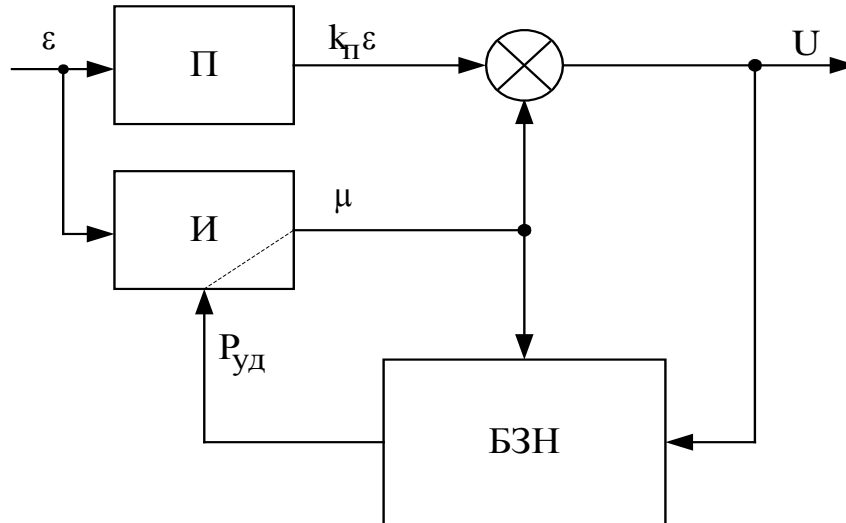


Рис. 1. Общий вид ПИ-регулятора с защитой от насыщения

Эта схема состоит из интегратора (И), пропорциональной части регулятора (П), сумматора и блока защиты от насыщения (БЗН). БЗН формирует сигнал удержания $P_{уд}$, который зависит либо от выходного сигнала регулятора U (защита от насыщения по выходу регулятора), либо от выходного сигнала интегратора μ (защита от насыщения по выходу интегратора), либо от двух этих сигналов одновременно. Для того чтобы можно было построить регулятор с защитой от насыщения, блок, выполняющий функцию интегратора, должен иметь дополнительный вход, на который с выхода блока защиты БЗН подается удерживающий сигнал $P_{уд}$.

Блок БЗН в каждом конкретном случае реализует один из следующих алгоритмов защиты от насыщения:

1. Регуляторы с простыми алгоритмами защиты от насыщения

Обычно защита от насыщения АСР осуществляется определенным воздействием на сигналы динамических (интегральной и дифференциальной) частей регулятора. Защита от насыщения интегральной составляющей может осуществляться путем ограничения только выходного сигнала интегральной части (алгоритм И-типа), только выхода регулятора (Р-тип) и способом «запоминания» сигнала интегратора на достигнутом уровне (З-тип). Применение этих простых алгоритмов дает в ряде случаев значительное улучшение качества регулирования [1, 2].

При построении ПИД-регулятора с защитой от насыщения необходимо учитывать действие дифференциальной составляющей, например, «включать»

защиту от насыщения следует только тогда, когда сигнал дифференциальной составляющей близок к нулю. В противном случае качество АСР с ПИД- регулятором резко ухудшается.

2. Регуляторы с двухуровневой комбинированной защитой

Принцип построения комбинированной защиты от насыщения (КЗН) состоит в одновременном применении нескольких (двух или трех) простых алгоритмов защиты от насыщения, при двух или трех уровнях ограничения сигналов регулятора [5 - 7, 15].

Например, в ПИ-регуляторе с комбинированной защитой КЗН Р/И-типа, временные диаграммы работы которого вблизи верхнего уровня ограничения P_B выходного сигнала U приведены на рис. 2, работу блока защиты БКЗН можно описать следующим образом:

при $|k_{II}\epsilon| \leq \Delta$ реализуется алгоритм типа ПИ-РЗН-Р;

при $|k_{II}\epsilon| > \Delta$ реализуется алгоритм типа ПИ-РЗН-И.

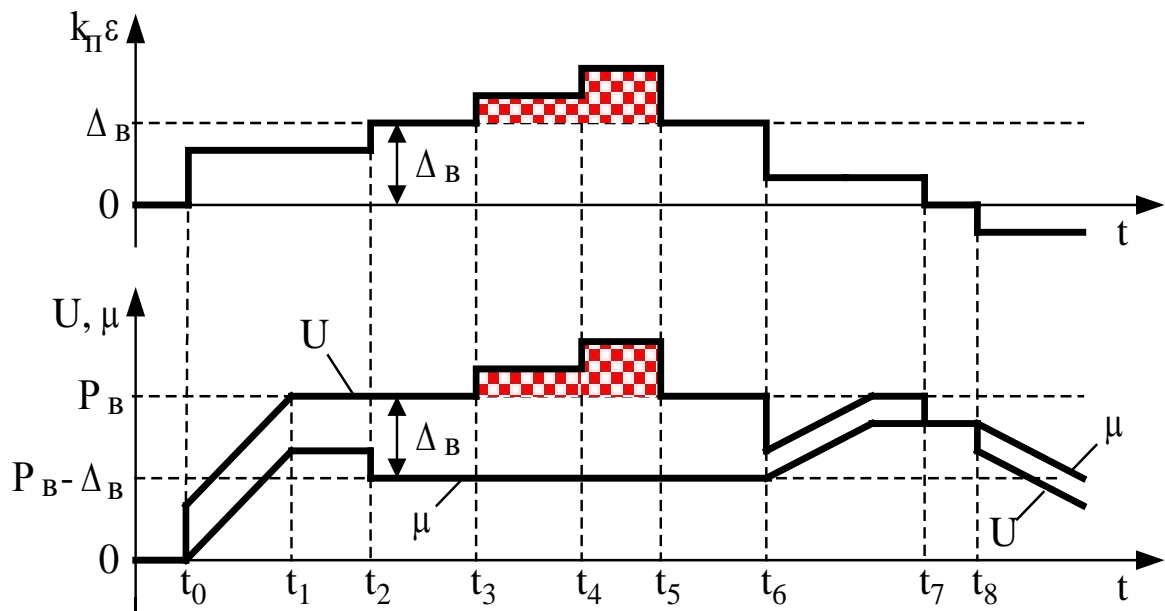


Рис. 2. Временные диаграммы работы ПИ-регулятора с КЗН Р/И-типа

ПИ-РЗН-Р в данном случае аналогичен простому алгоритму Р-типа, а ПИ-РЗН-И отличается от простого алгоритма И-типа тем, что при $k_{II}\epsilon > 0$ (см. рис. 2) выход интегральной составляющей μ в процессе комбинированной защиты должен соответствовать неравенству $P_B - \Delta < \mu < P_B$, а при $k_{II}\epsilon < 0$ – неравенству $P_H < \mu < P_H + \Delta$.

В регуляторе типа РКЗН-И/Р комбинированная защита действует наоборот следующим образом:

при $|k_{II}\epsilon| \leq \Delta$ работает алгоритм типа ПИ-РЗН-И;

при $|k_{II}\epsilon| > \Delta$ работает алгоритм типа ПИ-РЗН-Р.

При этом границы рабочего диапазона изменения сигнала управления расширены: нижний предел равен $P_H - \Delta_H$, а верхний предел равен $P_B + \Delta_B$. Рас-

ширение пределов изменения ($P_n - \Delta_1$, $P_b + \Delta_1$) выходного сигнала U позволяет устранить излишнее упреждающее воздействие в АСР при отходе исполнительного механизма (ИМ) от его крайних положений, соответствующих сигналам P_n и P_b и повысить качество регулирования. Расширение этих пределов обеспечит также надежное срабатывание ИМ в крайних положениях при изменениях параметров их статических характеристик.

3. Регуляторы с трехуровневой комбинированной защитой

Алгоритм комбинированной защиты от насыщения при трех уровнях ограничения является комбинацией двух предыдущих и дает не только улучшение показателей качества по сравнению с другими алгоритмами, но и обладает высокой помехозащищенностью [5].

Разработан еще более общий алгоритм защиты регуляторов от насыщения с «плавающими» параметрами настройки:

$$\Delta_1 = \Delta_{10} + k_1 k_{\Pi} \epsilon, \quad \Delta_2 = \Delta_{20} + k_2 k_{\Pi} \epsilon,$$

где Δ_{10} , Δ_{20} – начальные настройки алгоритмов КЗН, $k_{\Pi} \epsilon$ – выход П-части регулятора, k_1 , k_2 – коэффициенты делителей, причем $k_1 < 1$ и $k_2 < 1$ [15].

Регуляторы с защитой от насыщения довольно просто реализуются на микропроцессорных контроллерах типа ПРОТАР и Ремиконт Р-130 [5, 6].

Литература по регуляторам с защитой от насыщения

1. Ялышев А.У., Разоренов О.И. Многофункциональные аналоговые регулирующие устройства автоматики. – М.: Машиностроение, 1981. – 399 с.
2. Баженов В.И., Говоров А.А. и др. Регулирующие устройства с защитой от насыщения: Монография. - М.: ВЗПИ, 1990.- 210 с.
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., Фомичев А.А., Панарин В.М., Соколовский Р.В. Малоканальные микропроцессорные контроллеры в автоматических системах регулирования: Учеб. пособие для вузов (с грифом УМО). - Тула: ТулГУ, 2005. - 204 с.
7. Ключев А.С., Говоров А.А. и др. Автоматические системы и регуляторы с расширенными функциональными возможностями для непрерывных технологических процессов: в 2-х томах. Том 1: Синтез алгоритмов и функциональных структурных схем. – М.: "Испо-Сервис", 2004. - 264 с. Том 2: Техническая реализация регуляторов и автоматических систем. – М.: "Испо-Сервис", 2004. - 128 с.

8. Баженов В.И., Говоров А.А. и др. Принципы построения пневматических регуляторов и устройств с защитой от насыщения// Приборы и системы управления. 1984.- № 4.- С. 24 - 25.

9. Говоров А.А. и др. Пневматические ПИ-регуляторы с ограничениями выходного сигнала// Механизация и автоматизация производства. 1987.- №12.- С. 15 -17.

10. Говоров А.А. и др. Пневматические устройства предварения с ограничениями выходного сигнала// Нефтепереработка и нефтехимия. 1990.- Вып. 6.- С. 37- 39.

11. Говоров А.А. и др. Пневматические регуляторы и устройства с защитой от насыщения// Пневматические и гидравлические устройства и системы управления: Сб. докл. X Междунар. конф. "Яблонна-86". - М.: Энергоатомиздат, 1986. - С. 142 - 145.

12. 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.

13. Говоров А.А. и др. Пневматический ПИ-регулятор с защитой от насыщения// Пневмоавтоматика: XV Всесоюз. совещ. Ч. 1.- М.: ИПУ, 1985.- С. 11 - 12.

14. Govorov S.A., Govorov A.A. Automatic Controllers with Output Signals Limitation and Saturation Protection// Preprints of 8-th International Student Olympiad on Automatic Control. – St. Petersburg: Technical University, 2000, pp. 141 – 145.

15. Пат. 2120654, 2120655 (БИ, 1998, № 29); 2156992 (БИ, 2000, № 27) РФ. ПИД- (ПИ) регулятор с ограничениями выходных сигналов/ А.А. Говоров, С.А. Говоров и др.