

## СУПЕРВИЗОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Автоматизация целого ряда технологических процессов на базе типовых законов регулирования (ПИ- и ПИД-регуляторов), когда требуется качественная обработка как задающего воздействия, так и возмущений, не дает удовлетворительных результатов. Типовые регуляторы, настроенные на оптимальную обработку задания, плохо обрабатывают возмущения, и наоборот, регуляторы, предназначенные для оптимальной компенсации возмущения, обрабатывают задание с низкими показателями качества. Такая ситуация возникает в АСР в супервизорном режиме управления, когда требуется обрабатывать изменения задающего воздействия с верхнего уровня управления, а также в каскадных АСР, в АСР соотношения технологических параметров (следящие АСР) и даже в обычных системах стабилизации при частых изменениях задания [1 - 3].

Задача качественной обработки как задающего воздействия, так и возмущений решена путем установки в каналах задания для каждой составляющей ПИД-закона управления дополнительных динамических блоков  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  с оптимальными параметрами при обработке задания  $Y_{здн}$  (рис. 1). При этом параметры настройки исходного алгоритма (ПИД-закона) управления выбираются с учетом оптимальной компенсации возмущающего воздействия в АСР [1].

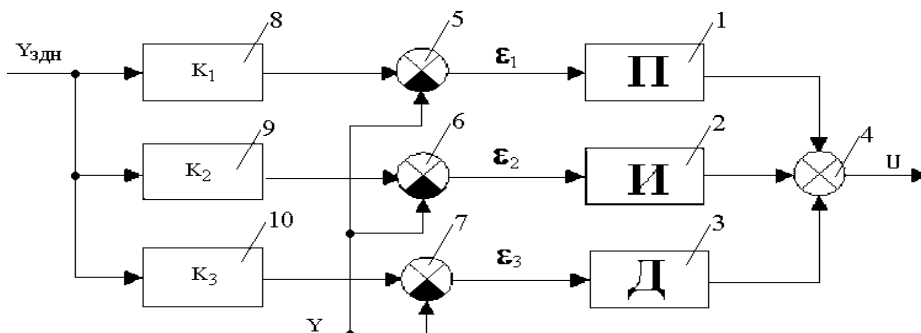


Рис. 1. Схема супервизорного ПИД-регулятора

В общем случае необходимо корректировать все составляющие закона управления по трем каналам (рис. 2): по заданию  $Y_{зд}$ , по измеряемому возмущающему воздействию  $f$  (при наличии датчика) и по каналу дополнительной информации  $h$  о регулируемом параметре (также при наличии датчика). Выход  $h$  быстрее реагирует на возмущения  $f$ , чем основная регулируемая величина  $Y$ . Использование этой дополнительной информации позволит значительно повысить качество регулирования параметра  $Y$  на выходе объекта  $OY_2$  [2, 8].

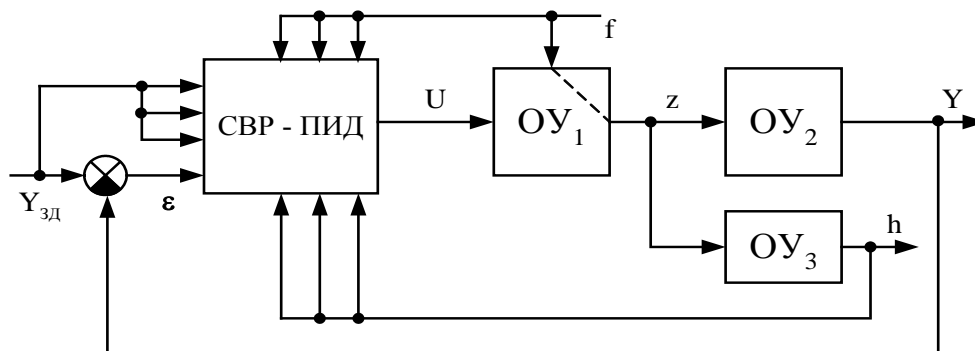


Рис. 2. Схема многофункциональной супервизорной АСР

Графики переходных процессов в различных АСР при подаче скачка задающего воздействия, приведенные на рис. 3, показывают, что АСР2, оптимальным образом компенсирующая возмущающее воздействие, не обеспечивает приемлемого качества регулирования при обработке задания. В частности, первый ( $x_{\max 1}$ ) и второй ( $x_{\max 2}$ ) выбросы ошибки регулирования  $\varepsilon$  в АСР2 почти в 4 раза больше, чем у исходной АСР1, предназначенной для оптимальной обработки задающего воздействия, но плохо отрабатывающей возмущения по нагрузке.

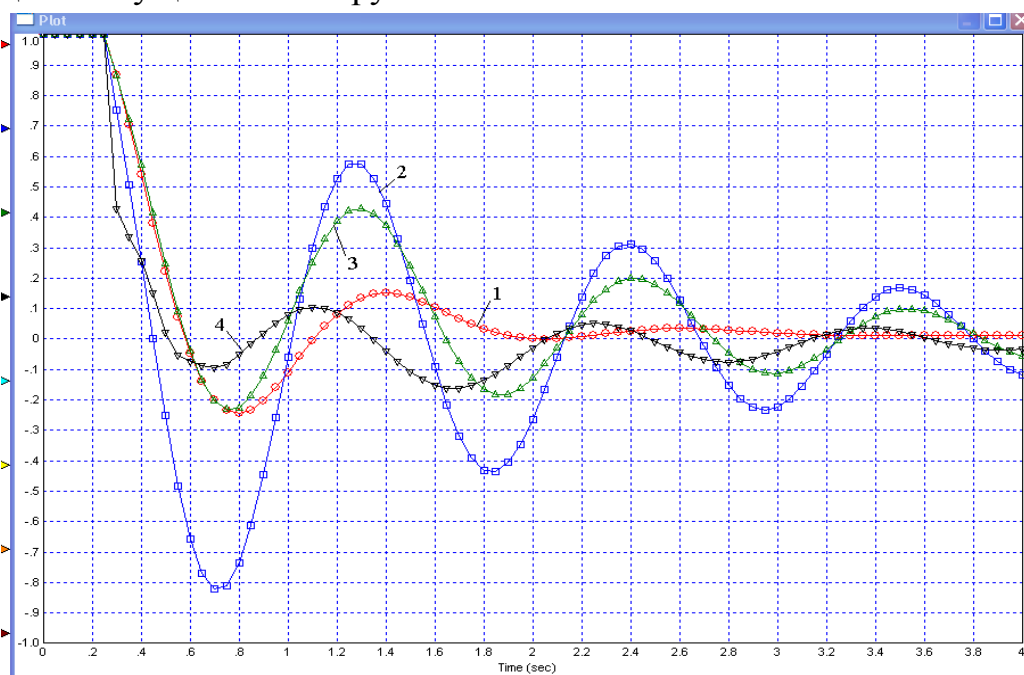


Рис. 3. Графики переходных процессов (ошибка регулирования) при обработке задания в различных АСР с ПИ-регуляторами с оптимальными настройками для компенсации: 1 (маркер «o») - возмущения по заданию (АСР1); 2 (□) - возмущения по нагрузке (АСР2); 3 (Δ) – с оптимальной настройкой  $K_1$  супервизорной части в канале задания (АСР3); 4 (▽) – с оптимальными динамическими звеньями в супервизорной части (АСР4)

Простой супервизорный регулятор (АСР3) существенно повышает качество переходного процесса по сравнению с АСР2, но по большинству показателей качества все же хуже исходной АСР1 (см. рис. 3). Более сложный супервизорный регулятор (АСР4) обеспечивает наилучшие показатели качества обработки задания. При этом система АСР4 оптимальным образом (так же, как и АСР2 и АСР3) компенсирует возмущающее воздействие.

Анализ зависимости (рис. 4) показателей качества супервизорной системы АСР3 от параметра настройки масштабирующего усилителя  $K_1$  в канале задания для пропорциональной составляющей ПИ-регулятора показал, что оптимальные значения коэффициента  $K_1$  по интегральным показателям качества  $J_1$  и  $J_2$  практически совпадают ( $\Delta K_1 \cong 20\%$ ). При отсутствии усилителя ( $K_1 = 0$ ) АСР3 по критерию  $J_1$  является более качественной, чем обычная система АСР2, которая представляет собой частный случай простой супервизорной АСР3 при  $K_1 = 1$ . То есть, на пропорциональную часть ПИ-регулятора сигнал задания можно не подавать, при этом большинство качественных показателей АСР будет лучше и дополнительно упрощается конструкция регулятора.

Кроме того, на интегральную часть регулятора сигнал задания необходимо подавать, конечно, полностью, что подтверждается и результатами оптимизации параметров звена  $W_2$  ( $K_{2\text{опт}} = 1$ ) в канале задания И-части в супервизорной АСР4 общего вида. Точнее, на И-часть регулятора задание необходимо подавать без какого-либо масштабирования в статическом режиме. В противном случае появится статическая ошибка регулирования.

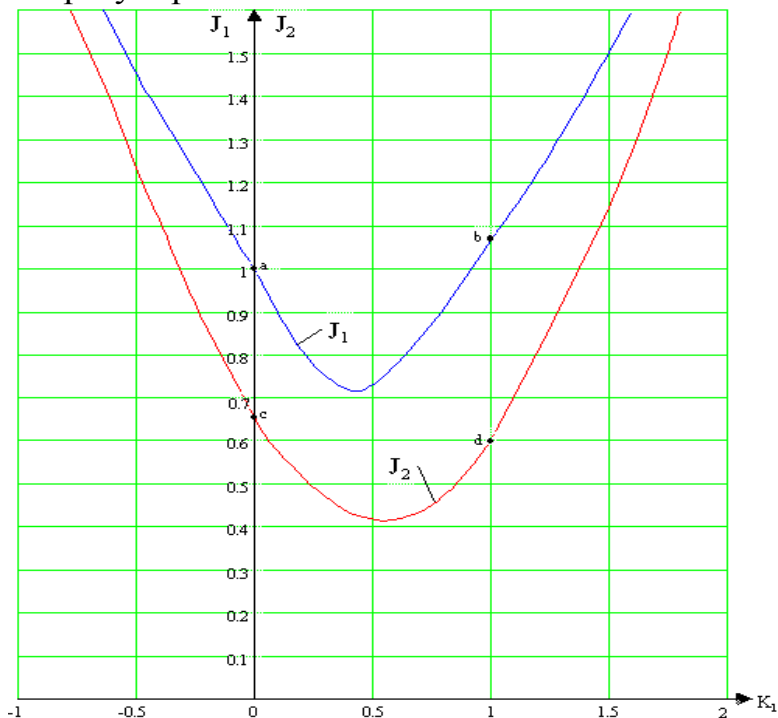


Рис. 4. Зависимость показателей качества простейшей супервизорной системы АСР3 от параметра настройки масштабирующего усилителя  $K_1$  в канале задания пропорциональной части ПИ-регулятора

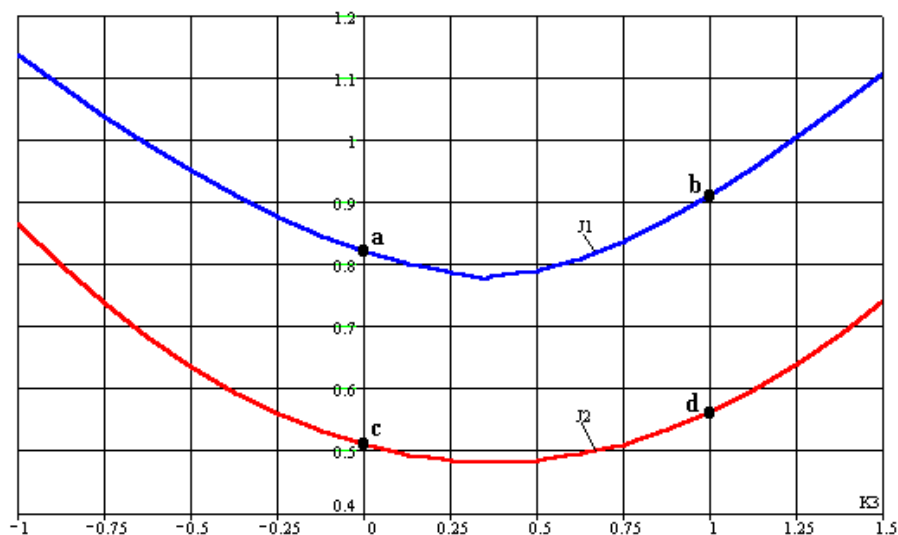


Рис. 5. Зависимости показателей качества супервизорной системы АСР3 от параметра масштабирующего усилителя  $K_3$  в канале задания дифференциальной части ПИД-регулятора (при  $K_1 = K_2 = 1$ )

Исследование супервизорных ПИД-регуляторов позволило сделать аналогичные выводы. В частности, оптимальные значения коэффициента масштабиро-

вания  $K_3$  в канале задания для Д-составляющей по интегральным показателям качества  $J_1$  и  $J_2$  практически совпадают ( $\Delta K_3 \cong 5\%$ ). При отсутствии усилителя ( $K_3 = 0$ ) АСРЗ по всем рассмотренным критериям является более качественной, чем обычная система АСР1 (рис. 5). То есть, на дифференциальную часть ПИД-регулятора сигнал задания можно не подавать, при этом качество АСР будет лучше и упрощается конструкция регулятора.

Аналогичные результаты получены при проведении исследования и сравнения супервизорных регуляторов с типовыми ПИ- и ПИД-регуляторами для объекта без самовыравнивания на примере электрического привода с двигателем постоянного тока (ДПТ типа ДПР-72) антенны радиолокационной станции [3].

Предложены методы построения супервизорных регуляторов, основанные на применении в супервизорных частях различных звеньев: масштабирующих, интегро-дифференцирующих, дифференцирующих и их комбинаций [3]. Супервизорные регуляторы довольно просто реализуются на микропроцессорных контроллерах типа ПРОТАР и Ремиконт Р-130 [5].

### Литература по супервизорным регуляторам

1. Пат 2157558 РФ МПК G 05 В 11/36. Супервизорный ПИД-регулятор/ А.А. Говоров, Е.В. Кузьмичев, С.А. Говоров. - Оpubл. в БИ. - 2000. - № 28. - 6 с.
2. Патент РФ № 94004 на полезную модель, МПК G 05 В 11/36. Супервизорный ПИД-регулятор/ А.А. Говоров, В.Н. Большов. – Оpubл. 10.05.2010 г.
3. Говоров А.А. Супервизорные регуляторы технологических процессов: Принципы построения, методы анализа и оптимизации, способы реализации. – Saarbruecken Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, ISBN-13: 978-3-8433-1580-7. Number of pages: 156. Published at: 2011-03-28  
<https://www.morebooks.de/?locale=RU>
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. 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.
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 2: Техническая реализация регуляторов и автоматических систем. – М.: "Испо-Сервис", 2004. - 128 с.
8. 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.