

УДК 62-51

Батяшов Сергей Владимирович, магистрант кафедры интегрированных компьютерных систем управления Института кибернетики ТПУ.
E-mail:

batiashovsv@gmail.com

Область научных интересов: автоматизация технологических процессов и производств.

Громаков Евгений Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры интегрированных компьютерных систем управления Института кибернетики ТПУ.

E-mail: gromakov@tpu.ru

Область научных интересов: автоматизация технологических процессов и производств, моделирование и реинжиниринг бизнес-процессов.

БЕЗУДАРНЫЙ ПЕРЕХОД ИЗ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ НА АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ САР УРОВНЯ ВОДЫ БАРАБАНА ПАРОВОГО КОТЛА

С.В. Батяшов, Е.И. Громаков

Томский политехнический университет

E-mail: batiashovsv@gmail.com

Представлены три варианта осуществления режима ручного управления в системах автоматического управления. Для случая ручного управления с использованием механического штурвала перемещения исполнительного органа решена проблема безударного перехода в автоматический режим. Представлена модификация регулятора, позволяющая осуществлять плавный переход между режимами.

Ключевые слова:

Регулирование процесса, барабан парового котла, безударность режимов управления.

Автоматические регуляторы широко применяются для управления процессами в различных областях промышленности. Большая часть из них использует типовые алгоритмы управления (релейный, ПИД и т. д.). В настоящее время при эксплуатации регуляторов к ним предъявляется ряд дополнительных требований, в частности безударный переход из режима ручного управления в автоматический и обратно [1, 2]. Под безударным понимается такое переключение между ручным и автоматическим режимами, которое не сопровождается дополнительными выбросами регулируемой величины и/или переходными процессами.

Ручное управление дополняет автоматический режим работы регулятора, позволяя при необходимости и в зависимости от выполняемых процедур возвращаться в автоматический режим. Если регулятор находится в автоматическом режиме работы, то контур регулирования замкнут, и регулирующее воздействие вычисляется по заданному алгоритму и выдается на исполнительный механизм. Если регулятор находится в ручном режиме работы, то контур регулирования разомкнут, и регулирующее воздействие задается человеком-оператором. Принципиальная схема системы автоматического управления с возможностью переключения режимов работы регулятора приведена на рис. 1.

Ручное управление дополняет автоматический режим работы регулятора, позволяя при необходимости и в зависимости от выполняемых процедур возвращаться в автоматический режим. Если регулятор находится в автоматическом режиме работы, то контур регулирования замкнут, и регулирующее воздействие вычисляется по заданному алгоритму и выдается на исполнительный механизм. Если регулятор находится в ручном режиме работы, то контур регулирования разомкнут, и регулирующее воздействие задается человеком-оператором. Принципиальная схема системы автоматического управления с возможностью переключения режимов работы регулятора приведена на рис. 1.

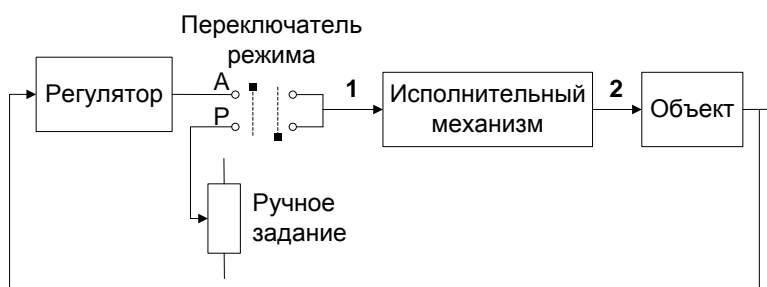


Рис. 1. Выбор режима работы (ручной/автоматический)

Если рассматривать иерархическую структуру автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) (рис. 2), то можно выделить три места в канале управления, из которых можно производить ручное регулирование процесса. *Во-первых*, регулятор можно переводить в ручной режим с автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора, переключая на пульте управления в SCADA-системе состояние графических изображений экранных форм на мнемосхеме процесса. В этом случае оператор целенаправленно управляет сигналом исполнительного органа вручную с использованием экранных графических ползунков, добиваясь того, что ручной сигнал управляет исполнительным механизмом (позиция 1 на рис. 1). Приоритет ручного задания становится выше автоматически рассчитанного значения, то есть ручное значение «перекрывает» автоматическое. Такой способ ручного управления удобен, так как оператор наблюдает на мнемосхеме множество параметров процесса, которые дают ему полное представление о его протекании. Следовательно, можно достоверно оценить показатели технологического процесса, и производить ручное управление им эффективным образом.

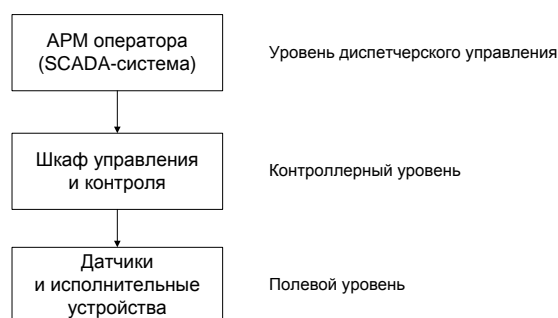


Рис. 2. Трехуровневая структура АСУТП

Во-вторых, на ручной режим можно переходить непосредственно со шкафа управления, в котором находится регулятор. При этом выход регулятора можно задавать, например, с помощью потенциометра, подключенного к входным портам регулятора. Ручное задание опять же будет иметь приоритет над значением, рассчитанным регулятором. Для наблюдения за состоянием процесса приборы, установленные в шкафу, должны показывать измеряемые значения. Однако, осуществляя ручное управление с контроллерного шкафа, у оператора имеется гораздо меньше информации о текущем состоянии процесса, по сравнению с управлением из диспетчерского пункта.

И, наконец, можно осуществлять ручное управление непосредственно исполнительным механизмом на полевом уровне. Положение регулирующего органа задается штурвалом управления, что позволяет осуществлять непосредственное регулирование заданного параметра объекта (позиция 2 на рис. 1). Регулятор не воздействует на исполнительный механизм, однако продолжает получать информацию с датчиков и рассчитывать управляющее воздействие. Так как регулирующий орган обычно находится вблизи объекта регулирования, то при таком варианте ручного управления можно на полевых приборах наблюдать состояние регулируемого процесса.

Рассмотрим алгоритм реализации безударного переключения режимов при переходе от ручного регулирования положения исполнительного механизма (полевой уровень) на автоматический режим на примере системы автоматического регулирования (САР) уровня в барабане парового котла (рис. 3).

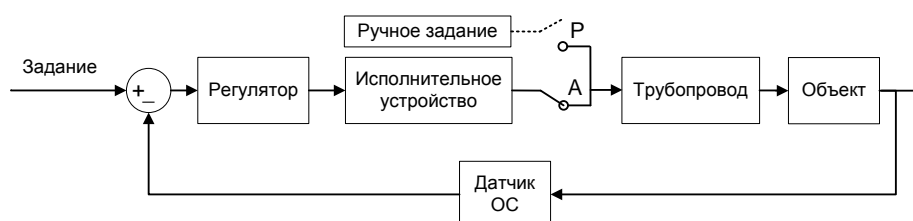


Рис. 3. Структурная схема САР

Объектом управления САР (рис. 3) является барабан парового котла с регулируемой переменной – уровнем в барабане. Основными факторами, влияющими на величину уровня в барабане котла, являются расход пара и расход воды. В соответствии с теорией автоматического управления динамическую модель барабана котла при изменении как расхода пара, так и расхода питательной воды можно рассматривать в виде передаточной функции как сумму интегрирующего и инерционного звена [3]. В автоматическом режиме заданный уровень поддерживается регулятором. В ручном режиме оператор либо с использованием средств автоматики, либо посредством механики, предусмотренной производителем исполнительного органа, с помощью штурвала управляет перекрытием трубопровода подачи воды.

При переключении из ручного на автоматический режим работы необходим плавный переход. Такой переход эффективно реализуется регуляторами, в составе которых имеется интегральная составляющая. Во время ручного управления интегральная составляющая регулятора непрерывно отслеживает и накапливает разницу между ручным заданием и значением, рассчитанным автоматически [4]. Для устранения резкого скачка на выходе регулятора управления интегральная составляющая на момент переключения пересчитывается по следующему алгоритму (рис. 4). Здесь на примере ПИ-регулятора, используемого в САР уровня, показано каким образом происходит пересчет интегральной составляющей. За счет того, что значение интегральной составляющей регулятора пересчитывается в величину, соответствующую моменту переключения, получается плавный переход между режимами. Этот алгоритм автоматического пересчета применим как при управлении посредством АРМ оператора, так и при управлении с контроллерного шкафа [5].

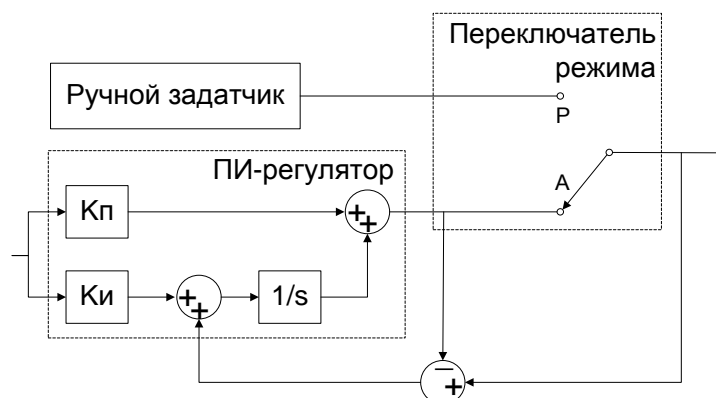


Рис. 4. Пересчет И-составляющей

При ручном управлении исполнительным механизмом с использованием механического штурвала перемещения исполнительного органа алгоритм, представленный на рис. 4, не применим, так как точка приложения ручного воздействия в контуре регулирования находится после исполнительного устройства (ИУ), а не после регулятора, как это реализовывалось оператором АРМ. Поэтому для реализации автоматического алгоритма пересчета, выполняемого программируемым логическим контроллером (ПЛК), сигнал положения исполнительного механизма в ручном режиме следует скорректировать посредством учета обратной передаточной функции исполнительного устройства $W_{ИУ}^{-1}(s)$. Модель исполнительного устройства (рис. 5) представляет собой электропривод постоянной скорости с регулятором положения.

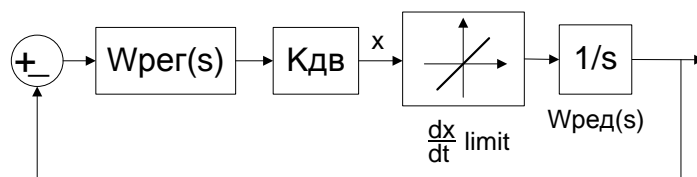


Рис. 5. Модель исполнительного устройства

Передаточную функцию ИУ можно представить в виде:

$$W_{ИУ}(s) = \frac{W_{РЕГ}(s) \cdot \frac{K_{ДВ}}{s}}{1 + W_{РЕГ}(s) \cdot \frac{K_{ДВ}}{s}} = \frac{W_{РЕГ}(s) \cdot K_{ДВ}}{s + W_{РЕГ}(s) \cdot K_{ДВ}},$$

где $W_{ИУ}(s)$ – передаточная функция исполнительного устройства; $W_{РЕГ}(s)$ – передаточная функция регулятора; $K_{ДВ}$ – коэффициент передачи двигателя; s – оператор Лапласа.

Тогда обратная передаточная функция исполнительного устройства будет равна:

$$W_{ИУ}^{-1}(s) = \frac{s}{W_{РЕГ}(s) \cdot K_{ДВ}} + 1.$$

Таким образом, если используется П-регулятор с коэффициентом $K_{П}$, то

$$W_{ИУ}^{-1}(s) = \frac{s}{K_{П} \cdot K_{ДВ}} + 1.$$

Если используется ПД-регулятор с пропорциональным коэффициентом $K_{П}$ и дифференциальным $K_{Д}$, то

$$W_{ИУ}^{-1}(s) = \frac{s}{(K_{П} + K_{Д} \cdot s) \cdot K_{ДВ}} + 1 = \frac{T_1 s}{T_2 s + 1} + 1,$$

где $T_1 = \frac{1}{K_{П} K_{ДВ}}$, $T_2 = \frac{K_{Д}}{K_{П}}$.

Для устранения скачка в момент переключения из ручного режима в автоматический необходимо рассчитать разницу между выходом регулятора, отслеживающего ручные действия оператора, и ручным заданием. Это можно выполнить с использованием алгоритма, показанного на рис. 6.

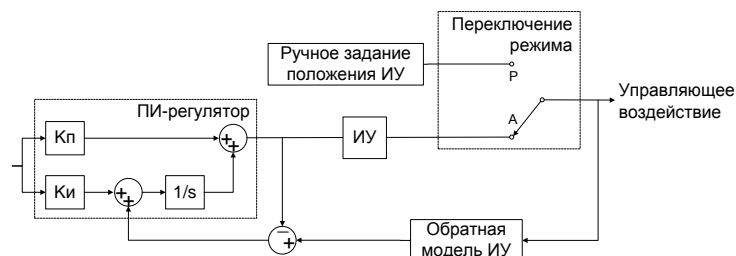


Рис. 6. Пересчет И-составляющей для ручного управления ИУ

На рис. 7 показаны графики ручного изменения положения исполнительного механизма для системы регулирования уровня в барабане парового котла и переход на автоматическое управление. Без использования алгоритма пересчета (график 1, рис. 7) положение исполнительного механизма при переходе в автоматический режим изменяется скачком и возникает «удар». Применение пересчета позволяет добиться плавного перехода между режимами (график 2, рис. 7).

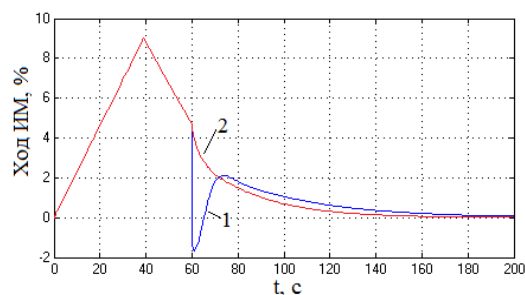


Рис. 7. Эффект от плавного переключения

Вывод

В системах автоматического регулирования режим ручного управления может осуществляться тремя способами: от АРМ оператора, на щите автоматики и непосредственным ручным управлением положением исполнительного механизма. Каждый способ должен реализовывать безударный переход в автоматический режим. Плавность переключения достигается за счет пересчета в динамике интегральной составляющей регулятора. Для ручного управления с использованием механического штурвала перемещения исполнительного органа требуется дополнительная модификация регулятора, которая заключается в коррекции сигнала регулятора в момент переключения посредством обратной передаточной функции исполнительного устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Practical PID Controller Features // Industrial Automation and Mechatronics. URL: <http://iamechatronics.com/notes/78-lessons-in-instrumentation/453-practical-pid-controller-features> (дата обращения: 14.02.2013).
2. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. Ч. 1 // Современные технологии автоматизации. – 2007. – № 4. – С. 86–97.
3. Журавлев А.А., Шит М.Л., Попонова О.Б., Шит Б.М. Синтез и анализ законов управления системой регулирования уровня в барабане газомазутного парового котла с учетом экономии энергоресурсов // Проблемы региональной энергетики. – 2005. – № 1. – С. 34–42.
4. Aström K.J., Hägglund T. Advanced PID Control. ISA – The Instrumentation, Systems and Automation Society, Research Triangle Park, NC 27709, 2005.
5. Bumpless Control Transfer between Manual and PID Control // Mathworks Documentation Center. URL: <http://www.mathworks.com/help/simulink/examples/bumpless-control-transfer-between-manual-and-pid-control.html> (дата обращения: 18.02.2013).

Поступила 28.02.2013 г.