Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXII, вып. 1, 1972 г.

СПОСОБ РЕЛЕЙНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Н. М. Третьяков

Для управления инерционными объектами широко применяются двух- и трехпозиционные способы регулирования, но качество регулирования при этом остается невысоким.

Целью предлагаемого способа является улучшение качества регулирования, увеличение быстродействия, уменьшение величины перерегулирования и повышение статической точности системы при использовании двух- и трехпозиционных способов регулирования. Это достигается сочетанием трехпозиционного способа регулирования по отклонению с предварением при непрерывном управляющем воздействии по первому каналу и двухпозиционного способа регулирования по знаку производной отклонения при импульсном управляющем воздействии по второму каналу. При этом двухпозиционное регулирование осуществляется в зоне нечувствительности трехпозиционного.

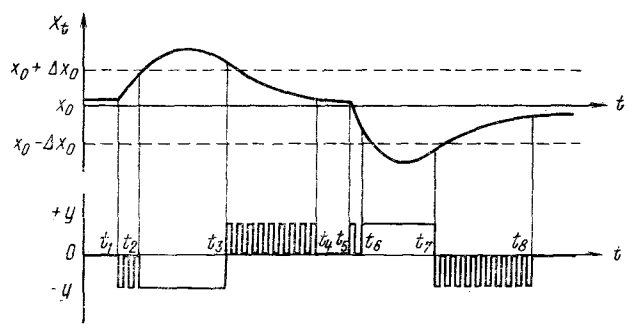


Рис. 1. Графики регулируемого процесса и управляющего воздействия

На рис. 1 по ординате X отложена регулируемая величина, по ординате y — управляющее воздействие. Изменение управляющего воздейст-

вия по полярности и форме происходит в моменты времени t_2; t_8; t_6; t_7. Зоной нечувствительности трехпозиционного регулятора является

$$x_0 \pm (\Delta x_0 - \alpha \dot{x}),$$

где x_0 — заданное значение регулируемого параметра; $\dot{x}$ — производная от регулируемой величины; Δx_0 — допустимое отклонение; α — коэффициент, зависящий от инерционных свойств объекта (Δx_0 и α задаются заранее).

Внутри этой зоны работает двухпозиционный регулятор. Трехпозиционное регулирование производится, пока выполняется условие

$$|\Delta x + \alpha \dot{x}| > |\Delta x_0|,$$

где Δx — отклонение регулируемой величины от заданного значения.

Управляющий сигнал при этом будет направлен на уменьшение ошибки, независимо от знака производной.

Таким образом, после достаточно большого выбега система начнет приближаться к заданному значению регулируемого параметра. Возврат будет происходить с максимально возможной скоростью, так как управляющее воздействие осуществляется по первому каналу и непрерывно по форме.

В момент времени, после которого будет выполняться условие $(\Delta x + \alpha \dot{x}) < (\Delta x_0)$, т. е. t_3; t_7, начнется двухпозиционное регулирование по второму каналу. Полярность управляющего сигнала, импульсного по форме, определяется знаком производной. Управляющее воздействие будет направлено при этом на уменьшение абсолютной величины производной независимо от величины и знака отклонения. Таким образом, изменится полярность управляющего воздействия и начнется торможение системы.

При ограниченном значении начального выброса и соответствующем выборе коэффициента α система подойдет к заданному значению со скоростью, близкой к нулевой. Качество регулирования при этом значительно улучшается, и процесс регулирования приближается к оптимальному по быстродействию, т. е. становится квазиоптимальным.

Частота импульсов управляющего воздействия по второму каналу должна быть такой, чтобы пауза между импульсами

$$t_n \approx \tau + 3T,$$

где τ — транспортное запаздывание в системе; T — постоянная времени объекта регулирования.

В противном случае система будет неустойчивой в зоне $x_0 \pm \Delta x_0$. При соблюдении требования $t_n \approx \tau + 3T$ внутри зоны $x_0 \pm \Delta x_0$ возможно квазистационарное состояние системы, поэтому величина Δx_0 определяет собой статическую точность регулирования.

В общем случае знак и форма управляющего воздействия могут быть представлены в виде

$$Y = \Phi(X) = \begin{cases} -y_{\text{н}} & |\Delta x + \alpha \dot{x}| > |\Delta x_0|, \ \Delta x > 0 \\ +y_{\text{н}} & |\Delta x + \alpha \dot{x}| > |\Delta x_0|, \ \Delta x < 0 \\ -y_{\text{имп}} & |\Delta x + \alpha \dot{x}| < |\Delta x_0|, \ \dot{x} > 0 \\ +y_{\text{имп}} & |\Delta x + \alpha \dot{x}| < |\Delta x_0|, \ \dot{x} < 0, \end{cases}$$

где $y_{\text{н}}$ — непрерывное управляющее воздействие; $y_{\text{имп}}$ — импульсное.

При этом предполагалось, что амплитуда управляющего воздействия $|y|$ фиксирована, а скорость перемещения исполнительного органа постоянна.

В разработанном по предлагаемому способу регуляторе (рис. 2)* текущее значение регулируемого параметра x_t подается с выхода объекта регулирования на вход формирователя ошибки *1*, где оно сравнивается с заданным значением x_0. Текущее значение отклонения поступает на дифференциатор *2*. Значение производной отклонения с коэффициентом α подается на вход двухпозиционного релейного элемента *5* и сумматор *3*,

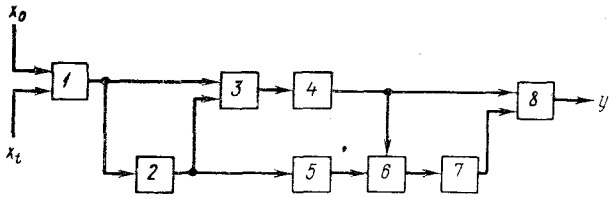


Рис. 2. Структура регулятора

на который поступает также величина отклонения. С выхода сумматора *3* величина $\Delta x + \alpha \dot{x}$ поступает на вход трехпозиционного релейного элемента *4*. Если $(\Delta x + \alpha \dot{x}) > (\Delta x_0)$, то на выходе последнего появляется сигнал соответствующей полярности, который поступает на запирающий вход вентиля *6*, запрещая прохождение сигнала с выхода двухпозиционного релейного элемента *5*, и одновременно поступает на вход собирательной схемы *8*, осуществляя регулирование по первому каналу.

Если на выходе сумматора *3* величина $(\Delta x + \alpha \dot{x}) < (\Delta x_0)$, то на выходе трехпозиционного релейного элемента *4* сигнала нет, и в этом случае сигнал с выхода двухпозиционного релейного элемента *5* проходит через вентиль *6* на вход импульсного звена *7*, с выхода которого импульсы соответствующей полярности поступают на второй вход собирательной схемы *8*, осуществляя регулирование по второму каналу. С выхода собирательной схемы *8* управляющее воздействие передается на исполнительный механизм регулирующего органа объекта регулирования. Структура регулятора реализована на стандартных логических элементах системы «Логика» серии Т (рис. 3).

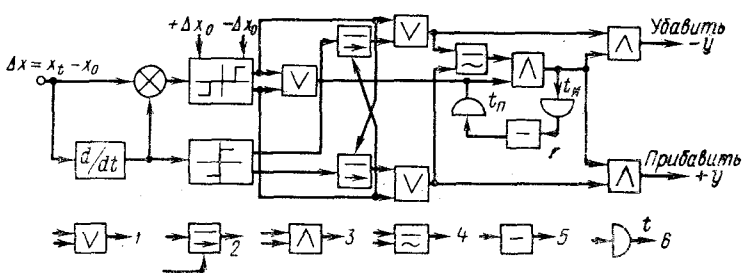


Рис. 3. Схемная реализация регулятора:
1 — Или; *2* — Запрет; *3* — «И»; *4* — Альтернатива; *5* — «Не»; *6* — Задержка; $t_и$ и $t_п$ — задержки, определяющие длительность соответственно импульса и паузы

---

* Третьяков Н. М., Третьякова Н. М., Модестов Ю. А., Бернштейн А. Е. Бесконтактный регулятор инерционных объектов. Бюлл. изобр., 1970, № 25, № 277906.

Третьяков Н. М., Орлов Л. Н., Бернштейн А. Е. Бесконтактный регулятор инерционных объектов. Бюлл. изобр., 1971, № 13, № 300874.

Регулятор, испытанный в лабораторных условиях, позволяет значительно уменьшить величину перерегулирования, увеличить быстродействие и повысить за счет уменьшения зоны нечувствительности трехпозиционного элемента статическую точность системы. Процесс регулирования становится квазиоптимальным по быстродействию. Регулятор сравнительно прост, надежен, недорог и может быть легко и просто собран. Его можно применить в широком классе систем автоматического регулирования инерционными объектами, например, при автоматизации шахтных калориферов, котельных, обогатительных установок и т. д.