Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.XVIII, вып. 1, 1975 г.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ МНОГОПОРОГОВОГО ИМПУЛЬСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Н.М.Третьякова

Для управления инерционными объектами может быть использован метод регулирования, основанный на вводе в управляющее воздействие производной процесса, полученной в виде частоты следования импульсов.[x] Метод совмещает трехпозиционное управление с непрерывным управляющим воздействием по отклонению и импульсное управление в зоне нечувствительности трехпозиционного регулирования.

Особенностью метода является то, что зону нечувствительности трехпозиционного регулирования квантуют на заданное число уровней и при каждом переходе сигналом ошибки очередного порогового уровня формируют одиночный импульс, длительность которого определяется абсолютной величиной отклонения и знаком производной абсолютной величины отклонения; полярность – только знаком производной отклонения, а частота следования импульсов – абсолютной величиной производной. В самом общем виде закон управления, реализуемый методом, может быть представлен следующей системой:

$$\left.\begin{aligned} t_{и} &= f\left(|\Delta x|;\ \operatorname{sign}|\Delta \dot{x}|\right);\\ \operatorname{sign} U &= -\operatorname{sign}\dot{x}_t\ ;\\ f_{и} &= \frac{1}{\Delta x_0}|\dot{x}_t|\ ; \end{aligned}\right\} \qquad \operatorname{sign}\dot{x}_i = \begin{cases} 1, & \dot{x}_i > 0\ ;\\ 0, & \dot{x}_i = 0\ ;\\ 1, & \dot{x}_i < 0\ , \end{cases}$$

где $t_{и}$ – длительность импульса управления; $\Delta x = x_t - x_з$ – отклонение регулируемой величины x_t от заданного значения $x_з$, которое выставляется в центре зоны нечувствительности; $\operatorname{sign} U$ и $f_{и}$ –

[x] См.:Н.М.Третьяков, Н.М.Третьякова. Способ автоматического регулирования. – Авт. свидет. № 337758. Бюлл.изобр., 1972, № 15.

соответственно полярность и частота управляющих импульсов; Δx_0 – шаг квантования зоны нечувствительности.

Длительность управляющего импульса при переходе сигналом одного и того же порогового уровня в направлении от задания выставляют всегда большей, чем при переходе его в направлении к заданию, т.е.

$$t_{и\,i} = f(|\Delta x_i|;\ \mathrm{sign}|\Delta \dot{x}| > 0) > f(|\Delta x_i|;\ \mathrm{sign}|\Delta x| < 0). \qquad (1)$$

Уравнение (1) является необходимым условием устойчивости регулирования по второму каналу, т.е. в зоне нечувствительности трехпозиционного регулирования; здесь $i = 1,2,3\ldots$, n – номер порогового уровня, считая от задания.

На рис. 1 приведена блок-схема регулятора, реализующего метод. Непрерывное управляющее воздействие осуществляется в нем трехпозиционным релейным элементом с границами зоны нечувствительности $\pm x_0$. Импульсное регулирование ведется внутри зоны нечувствительности трехпозиционного элемента.

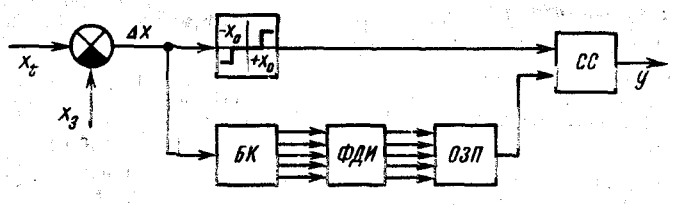


Рис. 1. Блок-схема регулятора

Сигнал рассогласования Δx с формирователя ошибки подается на блок квантования БК, верхний и нижний выходы которого являются границами зоны нечувствительности трехпозиционного регулирования, а заданное значение регулируемой величины выставляется в центре зоны нечувствительности. Всякий момент перехода сигналом рассогласования квантованного уровня при его изменении фиксируется одиночным импульсом на выходе формирователя длительности импульсов ФДИ, причем длительность этого импульса определяется величиной отклонения регулируемого параметра от задания, а полярность – знаком производной отклонения.

Импульсы определенного знака выделяют на соответствующих каналах определителя знака производной ОЗП, формируя на выходе собирательной схемы СС соответствующее импульсное управляющее воздействие y.

Закон регулирования может быть представлен в форме

$$y = \Phi(x) = \begin{cases} -y_{непр} & \text{при } |\Delta x| > |x_0|,\ \Delta x > 0; \\ +y_{непр} & \text{при } |\Delta x| > |x_0|,\ \Delta x < 0; \\ -y_{имп} & \text{при } |\Delta x| = |n\Delta x_0|,\ \dot{x}_t > 0; \\ +y_{имп} & \text{при } |\Delta x| = |n\Delta x_0|,\ \dot{x}_t < 0, \end{cases}$$

где $x(t)$ – регулируемая величина, $y(t)$ – управляющее воздействие.

Приведем схемное решение регулятора, реализующего метод. Регулятор на рис. 2 построен на ряде однотипных блоков, каждый из которых

состоит из двух формирователей длительности импульсов ФДИ, соединенных с одним из входов блока квантования непосредственно и через логический элемент "Не".[X]

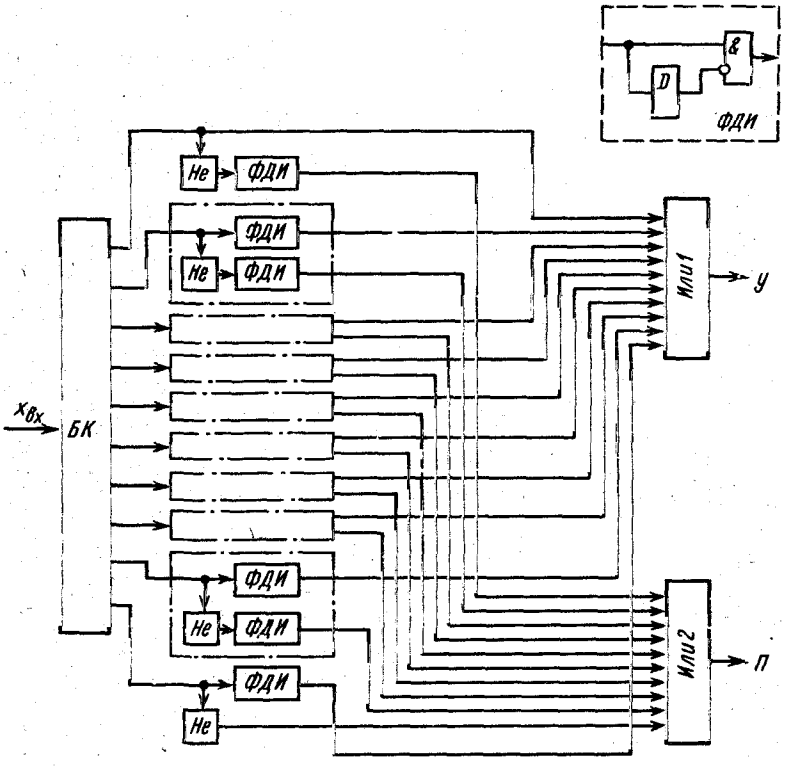


Рис. 2. Регулятор

Рассмотрим реакцию регулятора на появление сигнала на одном из выходов блока квантования, что соответствует положительному знаку производной. При этом срабатывает ФДИ, состоящий из схем "Запрет" и "Задержки". Импульсный сигнал, длительность которого определяется настройкой "Задержки", поступает на собирательную схему "Или 1", на выходе которой появляется управляющий импульс "Убавить". При исчезновении же сигнала с одного из выходов блока квантования, что соответствует отрицательному знаку производной, срабатывает соответствующий, включенный через схему "Не" ФДИ, импульсный сигнал, с выхода которого через собирательную схему "Или 2" поступает на выход регулятора "Прибавить".

Длительность импульсов, выдаваемых регулятором на каждом пороговом уровне при движении процесса от задания к границам зоны нечувствительности в зависимости от настроек уставок задержек может быть по-

---

[X] См.: Н.М.Третьяков, Н.М.Третьякова. Квазиоптимальный по быстродействию регулятор медленно протекающих процессов. – Авт.свидет.№ 308415. Бюлл.изобр., 1971, № 21.

стоянной или нарастать по любому закону: линейному, степенному, показательному, логарифмическому и т.д. При этом длительность управляющего импульса при переходе сигналом одного и того же квантованного уровня в направлении от задания всегда выставляется большей, чем при переходе его в направлении к заданию.

Изменяя шаг квантования от задания к границам зоны нечувствительности по определенному наперед избранному закону, можно получить любой закон реакции регулятора на производную отклонения регулируемой величины от задания. При выходе регулируемой величины из зоны нечувствительности (выше верхнего или ниже нижнего уровня) вступает в действие трехпозиционное регулирование. На соответствующем выходе регулятора фиксируется непрерывный управляющий сигнал.

Достоинства рассмотренного регулятора – блочность структуры, независимость уставок задержек, определяющих длительности управляющих импульсов на пороговых уровнях,и др.

Возможны и другие схемные реализации метода, например, с преобразованием отклонения не в ширину, а в амплитуду управляющего импульса.

Таким образом, многопороговый импульсный способ регулирования, обладая значительной гибкостью и большим арсеналом воспроизводимых законов управления, является весьма перспективным для управления объектами с медленно протекающими процессами.