

## АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЛЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ПЕРЕМЕННЫМ ГИСТЕРЕЗИСОМ И ЗОНОЙ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

© 2006 В.Е. Вохрышев

Самарский государственный технический университет

Исследуется адаптивный закон управления динамическими объектами, обеспечивающий автоматический срыв автоколебаний в системе путем изменения параметров релейного регулятора с отрицательным переменным гистерезисом и зоной нечувствительности.

Проблема адаптивного управления динамическими объектами, которые подвержены действию как сигнальных, так и параметрических возмущений, по-прежнему остается актуальной и привлекает к себе внимание ученых и специалистов [1]. Неопределенность параметров объектов и внешних условий приводит к ухудшению качества их функционирования, снижению точности, а нередко, и к полной потере работоспособности [2]. Потери качества при этом невозможно устранить, находясь в рамках первоначально принятого фундаментального принципа управления. Этого можно добиться лишь путем автоматического изменения параметров регулятора или его структуры, но так, чтобы приблизить математическое описание системы к ее исходной модели.

В технике широко распространены релейные системы управления динамическими объектами благодаря простоте технической реализации, высокому быстродействию и надежности. Точность их функционирования оценивается обычно по амплитуде автоколебаний в установившемся режиме работы. В тех случаях, когда режим автоколебаний является нежелательным, используют релейное управление с зоной нечувствительности, величина которой определяет точность управления. Зона нечувствительности должна быть не меньше амплитуды автоколебаний, что и приводит к их срыву. Однако, в условиях неопределенности зона нечувствительности заранее неизвестна, в результате точность управления может выходить за рамки допустимых ограничений.

В данной работе предлагается адаптивный закон управления, построенный на основе алгоритма, реализованного в устройстве [3], и обеспечивающий автоматический срыв автоколебаний на заранее заданном уровне, что заведомо обеспечивает необходимую точность управления. На рис. 1 представлена статическая характеристика устройства [3]. Это релейный регулятор с отрицательным переменным гистерезисом и зоной нечувствительности, величина которой поставлена в линейную зависимость от амплитуды автоколебаний. Его уравнение имеет вид

$$u = \begin{cases} B, \text{ при } x_H > x_1 \wedge M1 > 0 \\ -B, \text{ при } x_B < x_1 \wedge M2 < 0 \\ 0, \text{ при } x_H \leq x_1 \leq x_B \vee x_1 < x_H \wedge M1 \leq 0 \vee x_1 > x_B \wedge M2 \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

где

$$M1 = x_H + k \cdot (xe - x_H) - x_1(t), \text{ при } x_1(t) < x_H,$$

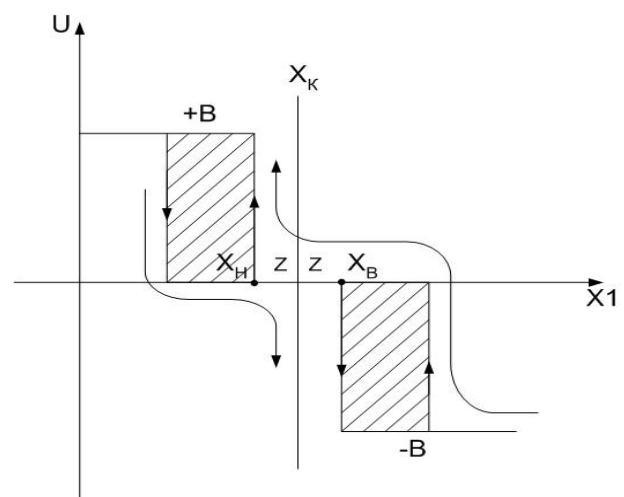


Рис. 1. Статическая характеристика регулятора

$$M2 = x_B + k \cdot (xe - x_B) - x_1(t), \text{ при } x_1(t) > x_B,$$

$$x_H = x_k - z,$$

$$x_B = x_k + z,$$

$z$  – постоянная величина, равная половине величины зоны нечувствительности,

$x_1$  – регулируемая координата,

$xe$  – экстремальные значения регулируемой координаты  $x_1$  равные ее максимуму или минимуму,

$x_k$  – задание (заданное конечное значение регулируемой координаты  $x_1$ ,

$\vee$  и  $\wedge$  знаки дизъюнкции и конъюнкции

$k$ - постоянный коэффициент  $1 > k \geq 0$

Переключения управления, как видно из статической характеристики и уравнения (1), происходят всегда с опережением по отношению к зоне нечувствительности.

Для обеспечения гарантированного срыва автоколебаний на заранее заданном уровне при изменениях величины амплитуды, вызванных параметрическими возмущениями, закон управления (1) модифицирован: его параметры  $B$ ,  $k$  и  $z$ , влияющие на величину амплитуды автоколебаний, варьируются

$$B1 = B + k1 \cdot \int_0^{\infty} (zy - |xe - x_k|) \cdot dt,$$

$$k = k2 + k3 \cdot \int_0^{\infty} (zy - |xe - x_k|) \cdot dt, \quad (2)$$

$$z1 = z + k4 \cdot \int_0^{\infty} (zy - |xe - x_k|) \cdot dt,$$

где  $k1$ ,  $k2$ ,  $k3$  и  $k4$  – постоянные коэффициенты.

Из приведенных соотношений видно, что здесь половина ширины зоны нечувствительности положена равной величине  $zy$  – заданному значению амплитуды автоколебаний, которая равна модулю разности экстремального значения регулируемой координаты  $x_1$  и ее заданного конечного значения  $|xe - x_k|$ , а управляющее воздействие  $B1$ ,  $k$  и  $z$  – величины переменные, убывающие или возрастающая относительно заданной величины  $B$ ,  $k$  и  $z$ , в зависимости от того, большее или меньшее значение имеет амплитуда автоколебаний по сравнению со своим заданным значением  $zy$ . Алгоритм управления построен таким образом, что процесс изменения параметров управления осуществляется последовательно – сначала уменьшается величина  $B1$  до некоторой ограниченной величины, затем увеличивается коэффициент  $k$  и в последнюю очередь (если в этом оказы-

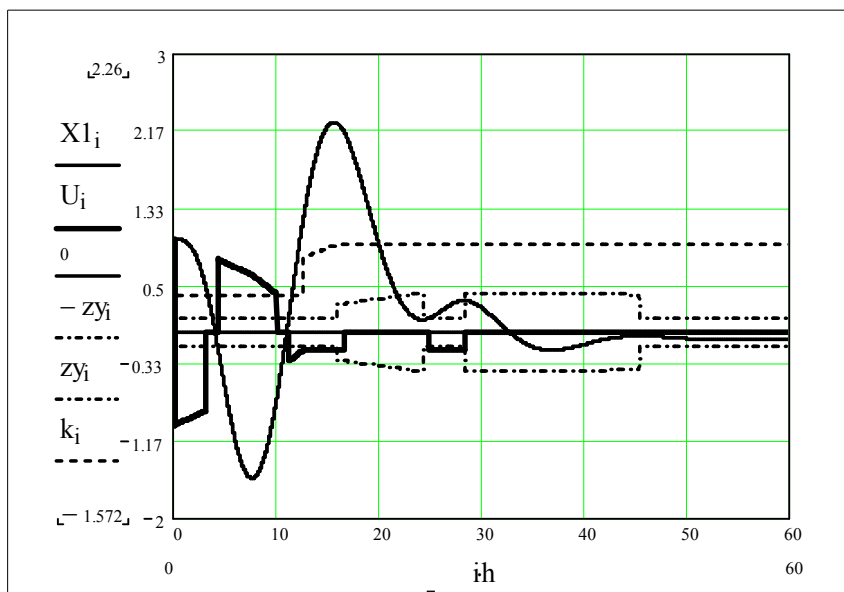


Рис. 2. Процессы в адаптивной системе с параметрами управления ( $z=0.1, k=0.4, k1=k2=k3=k4=0.001, B=1$ )

вается необходимость) изменяется величина зоны нечувствительности до тех пор, пока не произойдет срыв автоколебаний. После срыва автоколебаний значение величины зоны нечувствительности восстанавливается до своего заданного значения  $z_0$ . Рис. 2, полученный методом цифрового моделирования, иллюстрирует процессы самонастройки управления при переводе объекта, описываемого дифференциальным уравнением

$$0.2 \frac{d^4 x_1}{dt^4} + 6.5 \frac{d^3 x_1}{dt^3} + 1.9 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{dx_1}{dt} = u, \quad \text{из}$$

заданного начального  $x_1(0)=1$  состояния в предписанное конечное  $x_k = 0$  ограниченным по модулю управлением  $B(0) = 1$ .

Таким образом, в системе с управлением (1), (2) можно задействовать четыре контура самонастройки: первый благодаря пере-

менному гистерезису подавляет сигнальные возмущения, а три других – параметрические? что существенно расширяет функциональные возможности управления объектами в условиях различных типов неопределенностей математической модели

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов О.А. Европейские конференции по управлению 1991-2003г.г. // Автоматика и телемеханика. 2004. №9.
2. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное адаптивное управление сложными динамическим системами. СПб.: Наука, 2000.
3. А.с. 1585778 СССР. Регулятор с релейной характеристикой / В.Е. Вохрышев. Опубл. 1990, Бюл. №30.

#### ADAPTIVE CONTROL OF THE RELAY SYSTEMS WITH THE NEGATIVE HYSTERESIS AND DEAD BAND

© 2006 V.E. Vokhryshev

Samara State Technical University

The adaptive law of dynamic objects is researched in the article, which provides for automatic interrupting of the oscillations in the system through the relay controller with negative hysteresis and dead band parameters change.