

УПРАВЛІННЯ У ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

CONTROL IN TECHNICAL SYSTEMS

УДК 62-55:681.515

В. И. Гостев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА С ВЫХОДНЫМИ СЖАТЫМИ, ЗАВИСЯЩИМИ ОТ ОДНОГО ПАРАМЕТРА, S-ОБРАЗНОЙ И Z-ОБРАЗНОЙ ФУНКЦИЯМИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Получены аналитические выражения для управляющих воздействий на выходе нечеткого регулятора при выходных разведенных сжатых, зависящих от одного параметра, S-образной и Z-образной функциях принадлежности и изложены вопросы проектирования нечеткого регулятора.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] изложен новый метод проектирования нечетких регуляторов. В данной работе на основе изложенного метода проектируется нечеткий регулятор, структурная схема которого представлена на рис. 1 [1]. Нечеткий регулятор состоит из трех блоков: блока *формирователя величин* $A(t)$ и $B(t)$ (блок 1), блока *сравнения величин* $A(t)$ и $B(t)$ и

расчета u_c (блок 2) и блока *нормировки выходной переменной* (блок 3).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Рассмотрим на универсальном множестве $U = [0, 1]$ два нечетких подмножества с идентичными модифицированными сжатыми совместно используемыми, зависящими от одного параметра S-образной и Z-образной функциями принадлежности для каждой лингвистической величины (см. рис. 2), которые определяются по формулам

$$\mu_1(u) = \frac{(a-u)^2}{a^2}, \quad 0 \leq u \leq a;$$
$$\mu_2(u) = \frac{(u-1+a)^2}{a^2}, \quad 1-a \leq u \leq 1. \quad (1)$$

Допустим, что с выхода *формирователя величин* $A(t)$ и $B(t)$ в нечетком регуляторе на блок *сравнения величин* $A(t)$ и $B(t)$ и *расчета* u_c с такими функциями принадлежности в фиксированный момент времени поступают величины A и B , как показано на рис. 2.

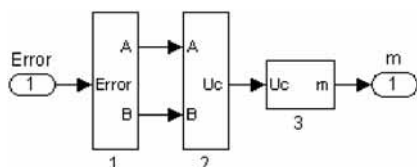


Рисунок 1

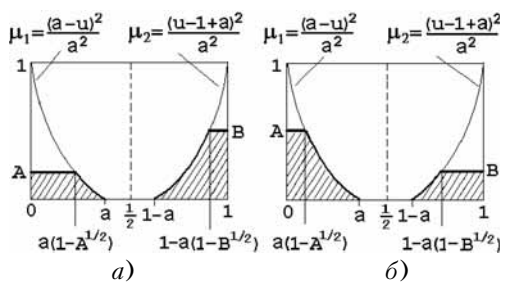


Рисунок 2

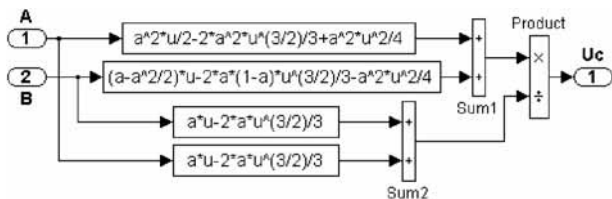


Рисунок 3

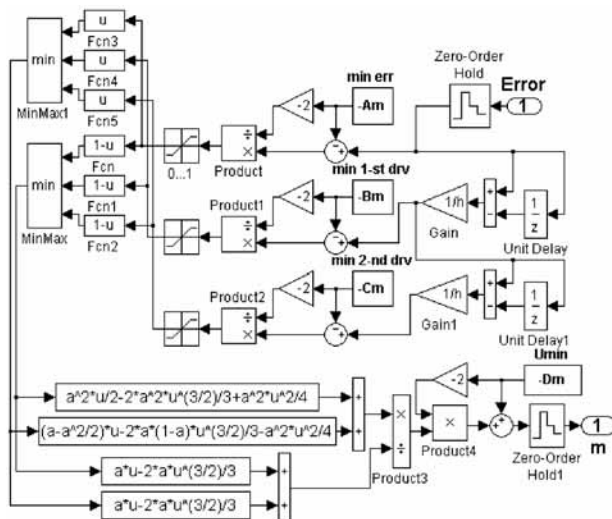


Рисунок 4

Общая формула для определения абсциссы «центра тяжести результирующей фигуры» записывается в виде

$$u_c = \frac{\int_0^1 u\mu(u)du}{\int_0^1 \mu(u)du} \quad (2)$$

Абсцисса «центра тяжести результирующей фигуры» определяется при $A \geq B$ и при $A \leq B$ по одной и той же формуле

$$u_c = \frac{A \int_0^{a(1-A^{1/2})} u du + \frac{1}{a^2} \int_{a(1-A^{1/2})}^{1/2} (a-u)^2 u du + \frac{1}{a^2} \int_{1-a}^{1-a(1+B^{1/2})} (u-1+a)^2 u du}{A \int_0^{a(1-A^{1/2})} du + \frac{1}{a^2} \int_{a(1-A^{1/2})}^{1/2} (a-u)^2 du + \frac{1}{a^2} \int_{1-a}^{1-a(1+B^{1/2})} (u-1+a)^2 du + B \int_{1-a(1-B^{1/2})}^1 du}$$

После несложных вычислений находим

$$u_c = \frac{\frac{a^2}{2}A + \left(a - \frac{a^2}{2}\right)B - \frac{2}{3}a[aA^{3/2} + (1-a)B^{3/2}] + \frac{a^2}{4}(A^2 - B^2)}{a(A+B) - \frac{2}{3}a(A^{3/2} + B^{3/2})} \quad (3)$$

при $A \geq B$ и при $A \leq B$.

В частном случае при $a = 1/2$ имеем

$$u_c = \frac{(A+3B)/8 - (A^{3/2} + B^{3/2})/6 + (A^2 - B^2)/16}{(A+B)/2 - (A^{3/2} + B^{3/2})/3} \quad (4)$$

при $A \geq B$ и при $A \leq B$.

В качестве примера приведем следующие результаты расчетов:

- $a = 0,5: A = 0,2, B = 0,4 \Rightarrow u_c = 0,5942;$
- $A = 0,4, B = 0,2 \Rightarrow u_c = 0,4058.$
- $a = 0,25: A = 0,2, B = 0,4 \Rightarrow u_c = 0,6083;$
- $A = 0,4, B = 0,2 \Rightarrow u_c = 0,3917.$
- $a = 0,1: A = 0,2, B = 0,4 \Rightarrow u_c = 0,6167;$
- $A = 0,4, B = 0,2 \Rightarrow u_c = 0,3833.$

Блок сравнения величин $A(t)$ и $B(t)$ и расчета u_c для нечеткого регулятора с выходными функциями принадлежности, приведенными на рис. 2, показан на рис. 3.

При конструировании нечетких регуляторов на основе структурной схемы, приведенной на рис. 1, блок сравнения величин $A(t)$ и $B(t)$ и расчета u_c (блок 2), приведенный на рис. 1, может использоваться с различными блоками формирователей величин $A(t)$ и $B(t)$ (блоками 1 на рис. 1).

Блок сравнения величин $A(t)$ и $B(t)$ и расчета u_c для нечеткого регулятора с выходными функциями принадлежности, приведенными на рис. 2, получается достаточно простым. Если для этого блока (см. рис. 3) использовать наиболее простой формирователь величин $A(t)$ и $B(t)$ со входными треугольными функциями принадлежности, то получим простую схему нечеткого регулятора (см. рис. 4). Логика работы нечеткого регулятора (см. рис. 4) для фиксированного момента времени отображена на рис. 5.

В формирователе величин $A(t)$ и $B(t)$ на входе нечеткого регулятора переменные ошибка θ^* , первая производная ошибки $\dot{\theta}^*$ и вторая производная ошибки $\ddot{\theta}^*$,

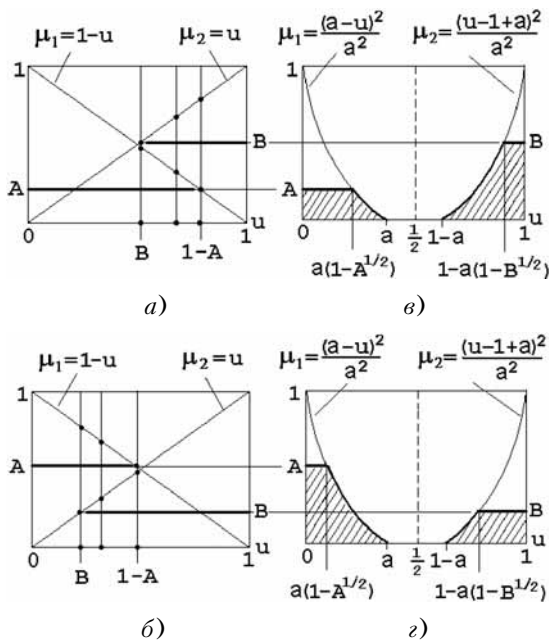


Рисунок 5

поступающие в регулятор с шагом квантования h , пересчитываются в переменные u_1^* , u_2^* , u_3^* по формулам

$$\left. \begin{aligned} u_1^* &= (\theta^* + A_m)/(2A_m); \\ u_2^* &= (\theta^* + B_m)/(2B_m); \\ u_3^* &= (\theta^* + C_m)/(2C_m) \end{aligned} \right\}$$

(это формулы для пересчета значений сигналов в значения элементов универсального множества $U = [0, 1]$ при симметричных диапазонах изменения переменных) и производится расчет значений входных функций принадлежности (см. рис. 5, а, б)

$$\begin{aligned} \mu_1(u) &= 1 - u; \\ \mu_2(u) &= u; \\ 0 &\leq u \leq 1 \end{aligned}$$

для переменных u_1^* , u_2^* , u_3^* . По алгоритму Мамдани определяются величины A и B по формулам

$$\begin{aligned} A &= \min[\mu_1(u_1^*), \mu_1(u_2^*), \mu_1(u_3^*)], \\ B &= \min[\mu_2(u_1^*), \mu_2(u_2^*), \mu_2(u_3^*)]. \end{aligned}$$

В схеме *формирователя величин* $A(t)$ и $B(t)$ при настройке нечеткого регулятора перестраиваются граничные значения $A_m = \theta_{\max} = -\theta_{\min}$, $B_m = \theta_{\max} = -\theta_{\min}$, $C_m = \theta_{\max} = -\theta_{\min}$.

Значения A и B откладываются соответствующим образом на выходные функции принадлежности

$$\begin{aligned} \mu_1(u) &= \frac{(a-u)^2}{a^2}, \quad 0 \leq u \leq a; \\ \mu_2(u) &= \frac{(u-1+a)^2}{a^2}, \quad 1-a \leq u \leq 1 \end{aligned}$$

(см. рис. 5, в, г) и производится расчет ненормированного выхода регулятора по формуле (3) в блоке *сравнения величин* $A(t)$ и $B(t)$ и расчета u_c . Далее полученное значение u_c в блоке *нормировки выходной переменной* пересчитывается в выходное напряжение регулятора по формуле $m^* = m_{\min}(1 - 2u_c)$.

В динамике при изменении переменных $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$ текущие величины $A(t)$ и $B(t)$ поступают в блок *сравнения* и рассчитанное на каждом шаге h значение $u_c(t)$ в блоке *нормировки выходной переменной* преобразуется в выходное напряжение $m(t)$ по формуле $m(t) = m_{\min}[1 - 2u_c(t)]$. Блок *нормировки выходной переменной* (блок 3 на рис. 1) показан на рис. 4. В блоке *нормировки выходной переменной* перестраиваются граничные значения диапазона $D_m = m_{\max} = -m_{\min}$. Коэффициент a обычно задается постоянным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные теория и практическая схема нечеткого регулятора с выходными сжатыми, зависящими от одного параметра, S-образной и Z-образной функциями принадлежности и входными треугольными функциями принадлежности дают возможность использовать такой регулятор в различных системах автоматического управления и путем настройки параметров регулятора добиваться высокого качества систем управления.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Гостев В. И. Новый метод проектирования одного класса нечетких цифровых регуляторов // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 6. – С. 73–84.

Надійшла 13.10.2008

Отримано аналітичні вирази для керуючих впливів на виході нечіткого регулятора при вихідних роз'єднаних стислих, залежних від одного параметра S-образної й Z-образної функціях належності й викладені питання проектування нечіткого регулятора.

Analytical expressions for controlling impact on a fuzzy controller input are received at outlet separated compressed depending on one parametre figurative and non-figurative membership functions and questions of designing of an fuzzy controller are stated.