

УДК 62-55:681.515

А.Л. Ткаченко

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ, Києв

МОДИФІКОВАНИЙ СПОСІБ ЗНАХОДЖЕННЯ ЧІТКОГО ЗНАЧЕННЯ ВИХІДНОЇ ЗМІННОЇ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОКРЕМОГО ТИПУ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Отримані аналітичні вирази для управляючих дій на виході нечіткого регулятора при вихідних роз'єднаних на відрізок $1-2a$ трикутних функціях приналежності і викладені питання проектування нечіткого регулятора.

Ключові слова: нечіткий регулятор, функція приналежності, універсальна множина, вихідна змінна, алгоритм.

Вступ

Постановка проблеми. Актуальність технології нечіткого моделювання обумовлена тенденцією збільшення складності математичних моделей реальних систем. Традиційні методи побудови моделей не приводять до задовільних результатів, коли початковий опис, що підлягає вирішенню проблеми, відомо є неточним і неповним. Прагнення отримати вичерпну інформацію для побудови математичної моделі складної реальної системи часто в принципі неможливе. У цих випадках доцільно використовувати методи спеціально орієнтовані на побудову моделей, що враховують неповноту і неточність початкових даних. Саме у таких ситуаціях технологія нечіткого моделювання виявляється найбільш конструктивною [1].

Аналіз літератури. В роботі [2] був викладений новий спосіб проектування нечітких регуляторів (НР) структурна схема яких складається з трьох блоків (рис. 1): блоку формування величин $A(t)$ і $B(t)$ (блок 1), блоку порівняння величин $A(t)$ і $B(t)$ і розрахунку u_c (блок 2) і блоку нормування вихідної змінної (блок 3).

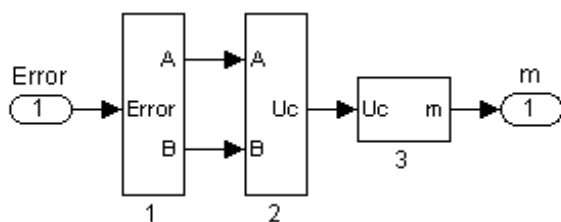


Рис. 1. Структурна схема нечіткого регулятора в інтерактивній системі MATLAB

В даній роботі, на основі викладеного способу, проектується нечіткий регулятор, в якому блок порівняння відрізняється простотою і, головне, може використовуватися з різними формуваннями. Розроблені раніше способи проектування нечіткого регулятора мали змінну структуру – при $A < B$ та при $A > B$ абсциса „центру тяжіння результуючої фігури” об-

числювалась за формулами, які відрізнялись, що спричиняло складність побудови НР. Даний тип нечіткого регулятора звільнений від цього недоліку. Модифікований спосіб моделювання НР полягає у суттєвому спрощенні виведення загальної формули для нечіткого виводу, що дозволяє значно спростити обчислення абсциси „центру тяжіння результуючої фігури”.

Викладення основного матеріалу

Розглянемо на універсальній множині $U = [0, 1]$ дві нечіткі підмножини з вихідними роз'єднаними на відрізок $1-2a$ трикутними функціями приналежності (рис. 2), які визначаються за формулами (1).

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

Допустимо, що з виходу формування величин $A(t)$ і $B(t)$ в нечіткому регуляторі на блок порівняння величин $A(t)$ і $B(t)$ та розрахунку u_c з такими функціями приналежності у фіксований момент часу t_0 поступають величини $A(t_0) \equiv A$ і $B(t_0) \equiv B$, показано на рис. 2.

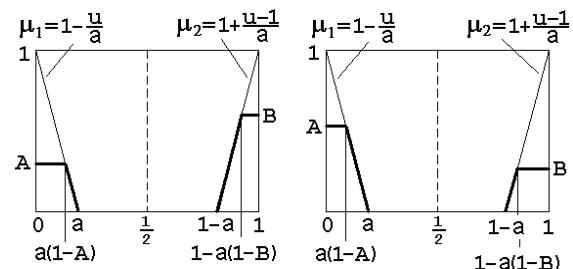


Рис. 2. Вихідні роз'єднані на відрізок $1-2a$ трикутні функції приналежності

Загальна формула для визначення абсциси „центру тяжіння результуючої фігури” (ненормованого виходу регулятора) модифікованим способом записується у вигляді [3]:

$$u_c = \frac{\int_0^1 u \mu(u) du}{\int_0^1 \mu(u) du} = \frac{\frac{A}{2} \cdot x_1^2 + \frac{B}{2} \cdot (1 - x_2^2)}{A \cdot x_1 + B \cdot (1 - x_2)},$$

де x_1 і x_2 – абсциси точок перетину прямих A і B з відповідними функціями приналежності.

Абсциса „центру тяжіння результуючої фігури” з такими функціями приналежності визначається при $A \geq B$ і при $A \leq B$ по одній і тій же формулі:

$$u_c = \frac{a \left(1 - \frac{a}{2}\right) B + \frac{a^2}{2} \left(A - A^2 + \frac{A^3}{3}\right) - a(1-a) \frac{B^2}{2} - \frac{a^2}{6} B^3}{a(A+B) - a(A^2 + B^2)/2} \quad (2)$$

при $A \geq B$ і при $A \leq B$.

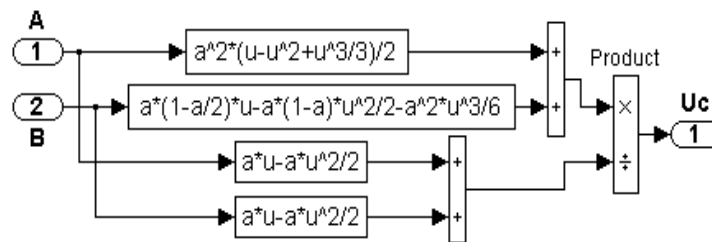


Рис. 3. Блок порівняння величин $A(t)$ і $B(t)$ та розрахунку u_c нечіткого регулятора в інтерактивній системі MATLAB

При конструюванні нечітких регуляторів на основі структурної схеми блок порівняння величин $A(t)$ і $B(t)$ та розрахунку u_c (блок 2 на рис. 1), може використовуватися з різними блоками формувачів величин $A(t)$ і $B(t)$ (блоками 1 на рис. 1).

Блоки формувачів величин $A(t)$ і $B(t)$ детально описані в [3].

Якщо для блоку порівняння величин $A(t)$ і $B(t)$ та розрахунку u_c (рис. 3) використовувати найбільш простий формувач величин $A(t)$ і $B(t)$ з вхідними трикутними функціями приналежності, то отримаємо вельми просту схему нечіткого регулятора в інтерактивній системі MATLAB (рис. 4).

На вхід нечіткого регулятора поступають похибки системи y (Error). Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) (Zero-Order Hold) квантує безперервну похибку системи управління $y(t) = u(t) - x(t)$ з кроком квантування h .

У формувачі обчислюється перша і друга різниця від похибки за формулами:

$$\begin{cases} \dot{y}(k) = [y(k) - y(k-1)]/h; \\ \ddot{y}(k) = [\dot{y}(k) - \dot{y}(k-1)]/h, \end{cases}$$

де $y(k)$ – квантована похибка на виході АЦП.

Елементами обмеження (Saturation) моделюємо універсальну множину $U = [0, 1]$, на яку поступають змінні u_i , $i = 1, 2, 3$. У блоках Fcn, Fcn1, Fcn2 запи-

суюмо аналітичні вирази для вхідних трикутних функцій приналежності $m_1(u) = 1 - u$, а в блоках Fcn3, Fcn4, Fcn5 – для функцій $m_2(u) = u$. На виході блоків Fcn, Fcn1, Fcn2 отримуємо змінні $m_1(u_i)$ (відповідно $m_1(u_1)$, $m_1(u_2)$, $m_1(u_3)$), а на виході блоків Fcn3, Fcn4, Fcn5 отримуємо змінні $m_2(u_i)$ (відповідно $m_2(u_1)$, $m_2(u_2)$, $m_2(u_3)$).

Логіка роботи нечіткого регулятора для фіксованого моменту часу відображена на рис. 5.

У формувачі величин $A(t)$ і $B(t)$ на вході нечіткого регулятора змінні похибки y^* , перша похідна похибки \dot{y}^* і друга похідна похибки \ddot{y}^* , що поступають в регулятор з кроком квантування h , перераховуються в змінні u_1^* , u_2^* , u_3^* за формулами (це формули для перерахунку значень сигналів в значення елементів єдиної універсальної множини $U = [0, 1]$ при симетричних діапазонах зміни змінних)

$$\begin{cases} u_1^* = (y^* + A_m)/(2A_m); \\ u_2^* = (\dot{y}^* + B_m)/(2B_m); \\ u_3^* = (\ddot{y}^* + C_m)/(2C_m). \end{cases}$$

і проводиться розрахунок значень вхідних трикутних функцій приналежності (рис. 5, а, б) $m_1(u) = 1 - u$; $m_2(u) = u$; $0 \leq u \leq 1$, для змінних $u_1^* - u_3^*$.

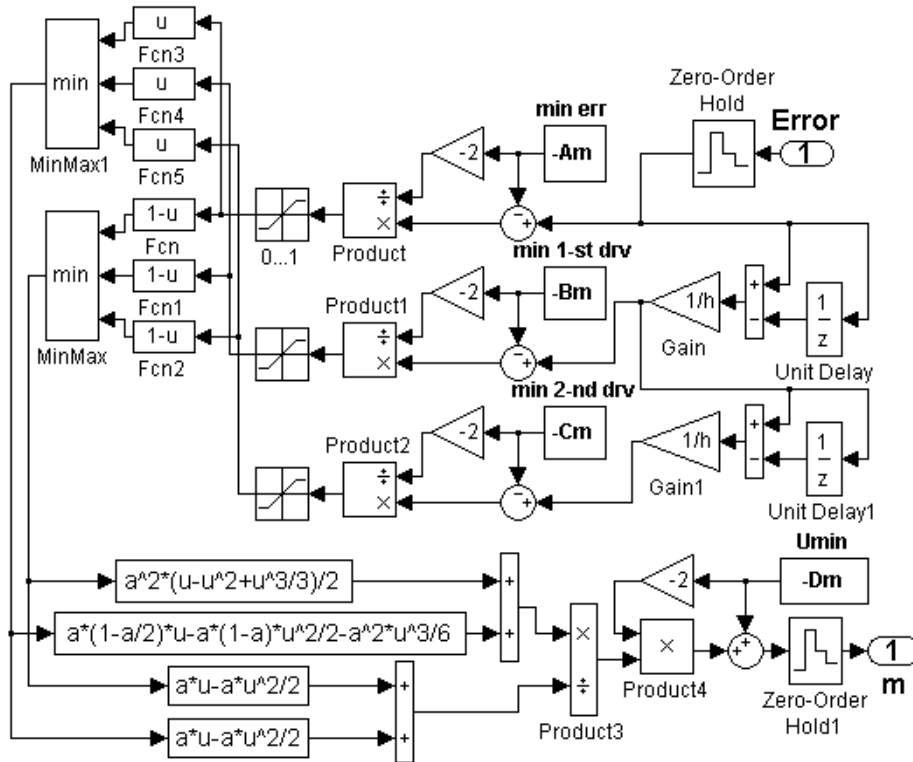


Рис. 4. Схема нечіткого регулятора в інтерактивній системі MATLAB

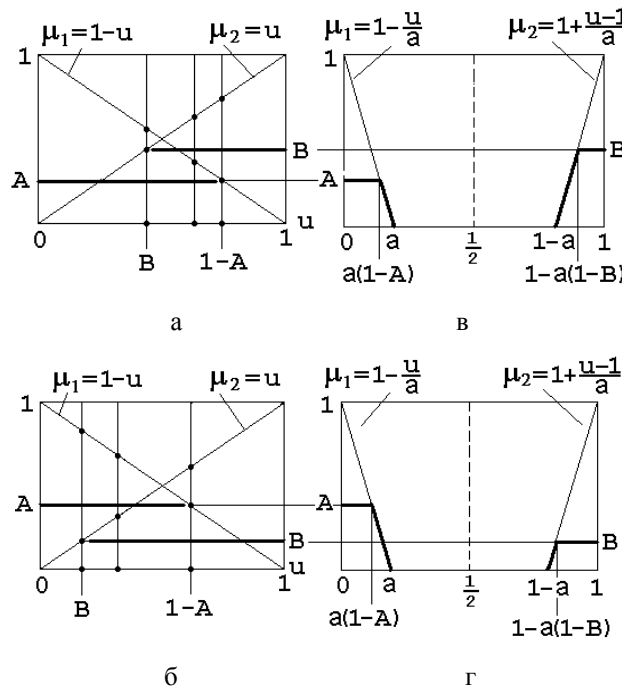


Рис. 5. Логіка роботи нечіткого регулятора для фіксованого моменту часу

За алгоритмом Мамдані визначаються величини A (у блоці MinMax) і B (у блоці MinMax1) за формулами:

$$A = \min[m_1(u_1^*), m_1(u_2^*), m_1(u_3^*)],$$

$$B = \min[m_2(u_1^*), m_2(u_2^*), m_2(u_3^*)].$$

Значення A і B відкладаються відповідним чином на вихідні функції приналежності (1) (рис. 5, в, г) і в блоці порівняння величин $A(t)$ і $B(t)$ та розра-

хунку u_c проводиться розрахунок ненормованого виходу регулятора за формулою (2). Далі набуте значення u_c в блоці нормування вихідної змінної перераховується у вихідну напругу регулятора за формулою $m^* = m_{\min}(1 - 2u_c) = 2D_m u_c - D_m$. Блок нормування детально описаний в [3]. Блок нормування вихідної змінної (блок 3 на рис. 1.) показаний на рис. 4 після блоку порівняння.

У динаміці при зміні змінних $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$ поточні величини $A(t)$ і $B(t)$ поступають в блок порівняння і розраховане на кожному кроці h значення $u_c(t)$ в блоці нормування вихідної змінної перетворюється у вихідну напругу $m(t)$ за формулою $m(t) = m_{\min}[1 - 2u_c(t)]$. У схемі формувача величин $A(t)$ і $B(t)$ при настройці нечіткого регулятора пере-строюються граничні значення діапазонів

$$A_m = i_{\max} = -i_{\min},$$

$$B_m = \dot{i}_{\max} = -\dot{i}_{\min},$$

$$C_m = \ddot{i}_{\max} = -\ddot{i}_{\min}.$$

У блоці нормування вихідної змінної пере-строюються граничні значення діапазону $D_m = m_{\max} = -m_{\min}$.

Коефіцієнт a у вихідних функціях приналежності задається постійним і вибирається з умови: $0 < a \leq 0,5$.

Висновки

Таким чином, викладені теоретичні положення і практична схема нечіткого регулятора з вихідними роз'єднаними на відрізок $1 - 2a$ трикутними функціями приналежності і вхідними трикутними функціями приналежності дають можливість використовувати такий регулятор в різних системах автоматичного управління, зокрема в електронних радіотехнічних системах, і шляхом настройки параметрів регулятора добиватися високої якості систем. Модифікований спосіб моделювання НР дозволяє значно спростити обчислення абсциси „центру тяжіння результуючої фігури”.

Список літератури

1. Леоненков А.В. *Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH* / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 736 с.
2. Гостев В.И. *Новый метод проектирования одноклассного нечетких цифровых регуляторов* / В.И. Гостев // *Проблемы управления и информатики*. – 2007. – № 6. – С. 73 – 84.

3. Гостев В.И. *Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления* / В.И. Гостев. – К.: Радиоа-матор, 2008. – 971 с.

4. Алтунин А.Е. *Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография* / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.

5. Гостев В.И. *Неоднозначность настройки нечетких цифровых регуляторов в системах автоматического управления* / В.И. Гостев, О.В. Ананьин, Г.Я. Криховецкий // *Вісник технологічного університету Поділля (Хмельницький державний університет)*. – 2004. – № 2, Ч. 1, Т. 1 (60). – С. 43 – 46.

6. Гостев В.И. *Система автоматического регулирования мощности передатчика в канале мобильной радиосвязи* / В.И. Гостев, Н.И. Кунах // *Вісник Українського Будинку економічних та науково-технічних знань*. – 2006. – № 1. – С. 78 – 82.

7. Гостев В.И. *Определение управляющих воздействий на выходе нечеткого регулятора при идентичных сжатых треугольных функциях принадлежности* / В.И. Гостев, В.В. Крайнев, А.Л. Ткаченко // *Зв'язок*. – 2007. – № 7 (75). – С. 57 – 59.

8. Круглов В.В. *Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода* / В.В. Круглов, М.И. Длин-М.: Физматлит, 2002. – 238 с.

9. Кунах Н.И. *Редукция математических моделей систем автоматического регулирования потужності передавача в адаптивних каналах радіозв'язку* / Н.И. Кунах // *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*. – 2007. – Т.5, № 1. – С. 63 – 67.

10. Наритник Т.М. *Радіорелейні та тропосферні системи передачі: Навч. пос.* / Т.М. Наритник, В.М. Почерняев, Ю.В. Уткін. – Полтава: Вид-во ПВІЗ, 2008. – 695 с.

11. Олссон Г. *Цифровые системы автоматизации и управления* / Г. Олссон, Дж. Пиани. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.

12. Kosko B. *Fuzzy systems universal approximators* / B. Kosko // *Transactions on Computers*, vol. 43, No. 11, November 2007. – P. 1329 – 1333.

13. *Wireless communications: Past Events and a Future Perspective* / Teodor S. Rappaport, A. Annaulalai, R.M. Buehrer, William H. Tranter // *IEEE Communication magazine*, May 2002. – P. 148 – 161.

Надійшла до редколегії 14.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.І. Гостев, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ ЧЕТКОГО ЗНАЧЕНИЯ ВЫХОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОТДЕЛЬНОГО ТИПА НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

А.Л. Ткаченко

Получены аналитические выражения для управляющих воздействий на выходе нечеткого регулятора при выходных разьединенных на отрезок $1-2a$ треугольных функциях принадлежности и изложены вопросы проектирования нечеткого регулятора.

Ключевые слова: нечеткий регулятор, функция принадлежности, универсальное множество, выходная переменная, алгоритм.

METHOD OF FINDING OF CLEAR INITIAL VARIABLE VALUE IS MODIFIED AT DESIGN OF SEPARATE TYPE FUZZY CONTROLLER

A.L. Tkachenko

Analytical expressions for controlling actions on an output of a fuzzy controller are received at days off separated on a piece $1-2a$ triangular membership functions and questions of designing of a fuzzy controller are stated.

Keywords: fuzzy controller, function of belonging, universal plural, initial variable, algorithm.