

УДК

БАГАТО-ПАРАМЕТРИЧНИЙ РЕГУЛЯТОР НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Д.О. Кроніковський

Магістрант*

Контактний тел.: 8 (044) 530-67-55

E-mail: extrmdim@ukr.net

А.П. Ладанюк

Доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою*

Контактний тел.: 8 (044) 289-52-83

E-mail: ladanyuk@nuft.edu.ua

Н.М. Луцька

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: 8 (044) 513-08-41

E-mail: lutskaya@usuft.kiev.ua

*Кафедра автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій

Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська 68, м. Київ, 01033

В статті розглянуто нову модель багато-параметричного регулятора на основі нечіткої логіки. Зроблено порівняльний аналіз даної модифікації регулятора з аналоговим ПИДД2ДЗ. Сформований системний висновок про можливість використання, а також обґрунтовані переваги й недоліки

Ключові слова: багатопараметричний регулятор, нечітка логіка, складні технологічні об'єкти

В статье рассмотрена новая модель многопараметрического регулятора на основе нечеткой логики. Сделан сравнительный анализ данной модификации регулятора с аналоговым ПИДД2ДЗ. Сформирован системный вывод о возможности использования, а также обоснованы преимущества и недостатки

Ключевые слова: многопараметрический регулятор, нечеткая логика, сложные технологические объекты

In article is considered new model of a multiple-parameter regulator on the basis of indistinct logic. The comparative analysis of the given updating of a regulator with analog PIDD2D3 is made. The system conclusion about an opportunity of use is generated, and also advantages and lacks are proved

Keywords: multipleparameter regulator, fuzzy logic, difficult technological objects

Вступ

В останні роки в системах автоматизації технологічних процесів використовуються різні засоби для підвищення якості керування, зокрема багатовимірні, багатопараметричні та нечіткі регулятори, при синтезі яких застосовуються методи H_2 та H_∞ оптимізації, апарат нечітких множин, генетичні алгоритми тощо.[1, 2, 3]. При комп'ютерному моделюванні таких систем зручно використовувати програмний засіб MATLAB, зокрема для системи з нечіткою логікою – пакет Fuzzy Logic Toolbox.

З формальної точки зору регулятор - це перетворення, зворотне до перетворення об'єкта управління [4]:

$$x = \text{Obj}(u); u = \text{Reg}(x); x = \text{Obj}(\text{Reg}(x)); x = \text{Obj}(\text{obj}(x)^{-1}); x = x. \quad (1)$$

Принцип зворотної моделі можна реалізувати методами нечіткої логіки—побудувати регулятор, що

буде поступово налаштовуватися на динаміку певного невизначеного, нелінійного, нестационарного об'єкта управління. Далі розглянуто приклад - конструювання нечіткого регулятора на базі поданого вище словесного опису.

Постановка задачі

Для реалізації і моделювання нечіткого регулятора потрібно вибрати і реалізувати такі кроки.

1. Вибір функції належності. Функцію належності одного експерименту задають таким чином – випадковим способом вхідний сигнал подають на модель об'єкта і отримують певний вихідний сигнал, що і є результатом дії певного чіткого механізму і різних видів невизначеностей (збурення, помилки вимірювання).

Можливо, що і вхідний сигнал реалізується з певними похибками, що задається відповідним розподілом.

В статті розглядається формування та дослідження нечіткого багатопараметричного регулятора, який відповідає аналоговому ПДД2ДЗ.

Для формування вхідних термів за кожним параметром запропоновано вибирати трикутні терми[5]. Пік кожного терма сягає оптимального значення для кожного етапу еволюційного формування аналогового ПДД2ДЗ регулятора. Показано, що для реалізації у вхідного параметра П буде 5 термів, у I, відповідно – 4, Д–3, Д1–2, Д2–1. Зоною розподілу слугуватиме:

$$D=[M_x P_{\min}; M_x P_{\max}], \quad (2)$$

де D-зона розподілу вхідного параметра P;
 M_x -коефіцієнт допуску нового значення параметру [0..1];
 P_{\min} ; P_{\max} – відповідно найменше і найбільше значення параметру з наявної вибірки.



Рис. 1. Формування термів для вхідного Кр-параметру ПДД2ДЗ регулятора

2. Конструювання функції належності для об'єкта управління. Задаємо функцію розподілу нечіткості регулятора і дискретизуємо цю функцію:

$$dnorm(x,u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp[-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2], \quad (3)$$

де $dnorm$ – густина ймовірності нормального розподілу управління та стану об'єкта, тобто входу та виходу.

x, u – середньозважені значення вхідної та вихідної величин;

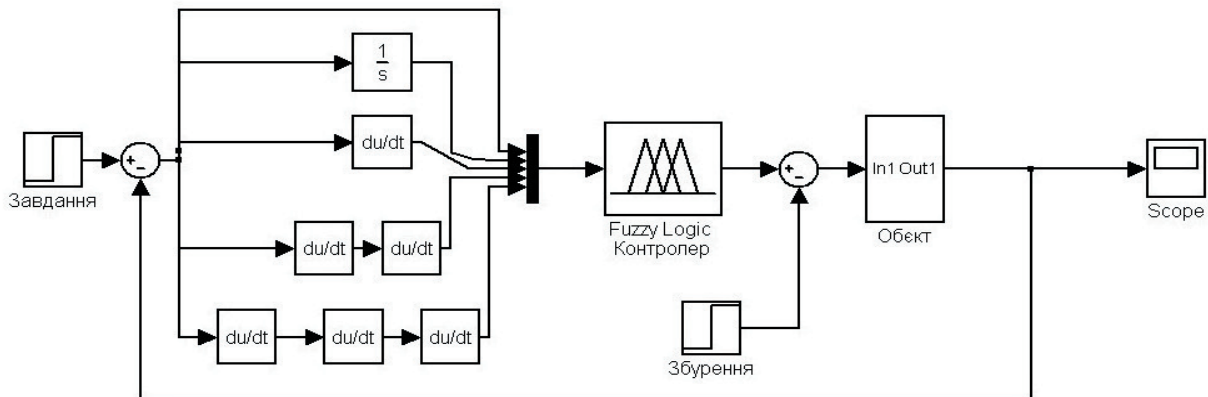


Рис. 2. Структура модифікованого ПДД2ДЗ регулятора

μ – математичне сподівання;

σ – середньоквадратичне відхилення.

3. Формування бази знань нечіткого регулятора. За допомогою певного генератора статистичних даних, емпіричних висновків «якщо...то...» або експертних оцінок відповідного нечіткого розподілу формується реалізація (x_p, u_p) .

Нечітку базу знань Мамдані запишемо в такий спосіб:

$$x_1 = a_{1j}; x_2 = a_{2j} \dots x_n = a_{nj} \text{ з вагою } w_j \text{ тоді } y = d_j, \quad (4)$$

де a_{ij} - нечіткий терм, яким оцінюється змінна x_i в j -му правилі;

d_j - нечіткий висновок j -го правила;

$w_j \in [0,1]$ - ваговий коефіцієнт, що відбиває адекватність j -го правила.

Базу знань Мамдані можна трактувати як розбивку простору факторів, що впливають на зони з розмитими межами, в середині яких функція відгуку приймає нечітке значення.

Математично методика записується так:

$$d_j^* = \int_{y \in \{y, \underline{y}\}} \frac{\text{imp}(\mu_j(x), \mu_{d_j}(y))}{y}, \quad (5)$$

де d_j^* - вектор нечітких висновків на j -ому кроці;

μ_j - ймовірність розподілу вхідного значення x на j -ому кроці;

μ_{d_j} - ймовірність розподілу вихідного значення y на j -ому кроці;

$\underline{y}, \overline{y}$ - нижня та верхня межі y відповідно.

Чітке значення остаточного виходу y^* , що відповідає вхідному вектору d_j^* , та формується на основі центру ваги, забезпечуючи найкращу динаміку навчання нечіткої моделі, визначається через дефазифікацію нечіткої множини.

Викладення основних результатів дослідження

Отже, маючи сформовані входи, виходи та наявну базу знань переходимо до побудови безпосередньо нечіткого ПДД2ДЗ регулятора. Структура показана на рис.2.

Для заповнення бази даних скористаємося алгоритмом, запропонованим Ямпольським А.А. [5]

Для багатьох технологічних об'єктів динамічні властивості описуються з'єднанням аперіодичної ланки та ланки запізнення:

$$W_o(p) = \frac{K}{Tp+1} \cdot e^{-\tau p}, \quad (6)$$

де K - коефіцієнт передачі, має, як правило, невелике значення за каналом управління;

T - стала часу об'єкта, її величина залежить від динаміки об'єкта;

τ - час транспортного запізнення об'єкта.

Для оптимізації параметрів регулятора було використано метод «коробочки». Цю методику було обрано, виходячи з міркувань зручності попереднього задання якісних характеристик технологічного процесу.

Не змінюючи структури об'єкта, завдання та збурення при використанні синтезованого регулятора отримали позитивні результати. Для порівняння використали оптимальний перехідний процес, який отримали для аналогового ПІДД2Д3 регулятора та модифікованого регулятора.

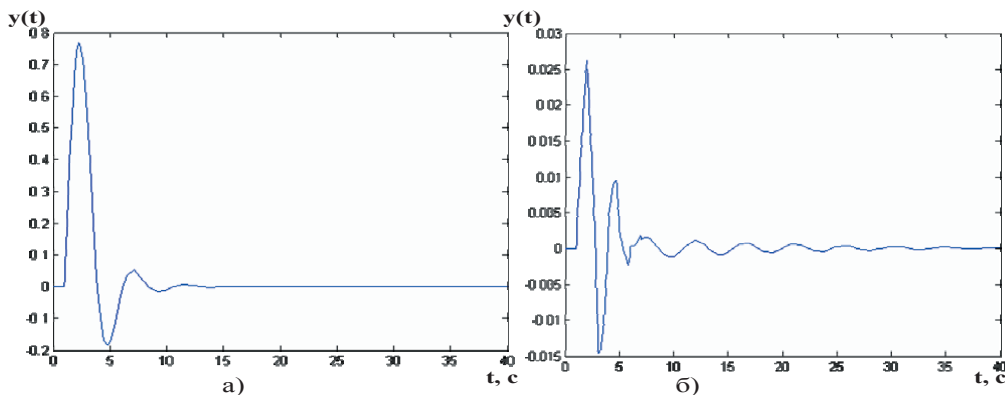


Рис. 3. Перехідні процеси системи з ПІДД2Д3 аналоговим(а) та модифікованим(б) регуляторами

Як видно з рисунків динамічна похибка у разі застосування нечіткого регулювання зменшується більш ніж в 30 разів. Це вказує на доцільність застосування для специфічних об'єктів, які є чутливими, в негативному сенсі, до динамічної похибки, або існують обмеження (програмні чи фізичні), які лімітують значення допустимої похибки.

Для оцінки впливу на процес регулювання запізнення вибрали ряд значень, пов'язаних з параметром сталої часу об'єкта. В ході емпіричних досліджень було з'ясовано, що вже на кроці $\tau = 0,28T$, враховуючи покрокову оптимізацію коефіцієнтів регулятора, система «пішла в рознос».

Проаналізувавши наступні складніші випадки, дійшли висновків, що при подачі збурень безпосередньо на вхід об'єкта в межах 10% від сигналу завдання дещо погіршує якість процесу регулювання, а саме в 3 рази збільшується динамічна похибка та на 10% зростає час регулювання, а у випадку виходу збурення за межі 32% об'єкт стає некерованим.

Даний регулятор є надчутливим до шумів, адже ці сигнали мають велику частоту зміни, а досліджуваний регулятор містить похідні вищих порядків, які

являють собою швидкість, прискорення та швидкість прискорення відповідно.

Для детального аналізу промодельовано нелінійності, які є реальними з точки зору реалізації системи автоматизації та самого об'єкта, тобто зону нечутливості та обмеження на управління. Було встановлено критичні межі, коли $\Delta x \neq 0$, тобто регулятор не може підтримувати даного значення, інакше кажучи, виникає статична похибка, яка пропорційна величині відхилення можливих діянь регулятора від 100%. Числове значення критичної точки стало $\underline{U} = -73\%$ та $\bar{U} = +73\%$. Критичне значення зони нечутливості було визначено, виходячи з виходу за встановлені граничні відхилення «коробочки». Ці значення склали $\underline{x} = -4,6\%$ та $\bar{x} = +4,6\%$, що вказує на важливість процесу ідентифікації, тобто теоретична модель має відповідати фізичній на 95,4%. В цьому випадку, можна стверджувати, що знайдені параметри регулятора дадуть очікувану якість технологічного процесу.

Висновки

Дана модифікація багатопараметричного ПІДД2Д3 регулятора може застосовуватися для складних технологічних об'єктів. При цьому необхідно враховувати достатню складність комбінації нечіткої логіки та багатопараметричної оптимізації, а також обмеження, пов'язані з технічними можливостями мікропроцесорної техніки.

Література

1. Луцкая Н.Н. Использование оптимальных регуляторов для многомерных технологических объектов/ Луцкая Н.Н., Ладанюк А.П.// Проблемы управления и информатики, 2007, №2, с.56-63.
2. Понамарьов Я. Ю. Досвід використання нечітких регуляторів в системі автоматизації випарної установки/ Понамарьов Я. Ю., Ладанюк А.П., Івашук В.В.// Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы, №2(18), 2006, с.150-153.
3. Сабанин В.Р. Параметрическая оптимизация и диагностика с использованием генетических алгоритмов/ Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И. //Промышленные АСУ и контроллеры, №12, 2004. с.21-25.
4. Nelder J.A. A Simplex Method for Function Minimization/ Nelder J.A., Mead R.// Computer J., No. 7, 1964 pp. 308-310.
5. Ямпольский А. А. Исследование систем автоматического управления, классическую – одноконтурную, а также интеллектуальную с fuzzy-регулятором// интернет статья, <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book3>, 24.12.2008г.