

9. Официальный сайт Департаментов Промышленная Автоматизация и Технологии Приводов - Siemens IA&DT Официальный сайт [Электронный ресурс] : Программирование с помощью STEP 7 V5.3 – 01/2004. – 602 с. – 6ES7810-4CA07-8BW1. – A5E00261405-01. – Режим доступа: http://iadt.siemens.ru/assets/files/infocenter/Documentations/Automation_systems/STEP7/STEP7%20v5/STEP7.V53_Programming_r.pdf. – Назва з екрану.
10. Siemens Industry Online Support - Automation Service, Automation Support, Simatic Service, Simatic Support, Technical Support, Technical Consulting [Electronic resource]: S7-300 Module data. – 02/2013. – 676 с. – 6ES7398-8FA10-8AB0. – A5E00105505-08. – Access mode: http://cache.automation.siemens.com/dnl/DQ/DQzMzMxAAAA_8859629_HB/s7300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf.
11. Бергер, Г. Автоматизация с помощью программ STEP 7 LAD и FBD. Программируемые контроллеры SIMATIC S7-300/400 [Текст] / Г. Бергер. – 2-е изд., перераб. – Юрнберг: Siemens AG, 2001. – 605 с. – 6ES7810-4CA05-8AR0.

Запропоновано нечітку систему керування температурним режимом ацетиленового генератора. Проаналізовано об'єкт дослідження, отримано передатну функцію каналу керування. Нечітка система включає контролер, спроектований в інструментарії Fuzzy Logic Toolbox. Моделювання та порівняльний аналіз нечіткої системи та системи керування з ПІ-регулятором виконано в середовищі Simulink

Ключові слова: нечітка система керування, моделювання систем, нечіткий регулятор, Simulink, ацетиленовий генератор

Предложена нечеткая система управления температурным режимом ацетиленового генератора. Проанализирован объект исследования, получена передаточная функция канала управления. Нечеткая система включает контроллер, спроектированный в инструментарии Fuzzy Logic Toolbox. Моделирование и сравнительный анализ нечеткой системы и системы управления с ПИ-регулятором выполнены в среде Simulink

Ключевые слова: нечеткая система управления, моделирование систем, нечеткий регулятор, Simulink, ацетиленовый генератор

УДК 681.518

НЕЧІТКА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ АЦЕТИЛЕНОВОГО ГЕНЕРАТОРА

А. І. Жученко

Доктор технічних наук, професор*

Email: zhaniv@ukr.net

Д. О. Ковалюк

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: dmytro.kovalyuk@gmail.com

Є. В. Дзюба*

E-mail: Yelyzaveta.Dziuba@gmail.com

*Кафедра автоматизації хімічних виробництв
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Розробка нечітких систем керування є актуальною задачею для складних технологічних об'єктів, де класичні системи регулювання не можуть в повній мірі врахувати всі особливості режимів їх функціонування, а також наявний досвід кваліфікованих спеціалістів, що може суттєво покращити якість процесу. Саме такий об'єкт керування – ацетиленовий генератор, розглядається в даному дослідженні.

2. Аналіз досліджень та публікацій

На сьогодні впровадження систем керування на нечіткій логіці є типовою практикою в різних галузях про-

мисловості: хімічній, харчовій, житлово-комунальній, транспортній, керування побутовою технікою [1 – 3].

Побудова таких систем проводиться в двох напрямках [4]:

1) нечітка логіка реалізує емпіричний алгоритм керування, отриманий експертним шляхом;

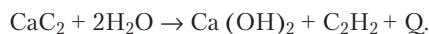
2) нечітка логіка безпосередньо в регуляторі – або реалізує принцип керування, або використовується для настроювання коефіцієнтів регулятора залежно від зовнішніх впливів та стану технологічного процесу.

Аналіз робіт [5 – 7] показує, що застосування нечіткої логіки є виправданим у наступних випадках:

1) відсутності формалізованої моделі об'єкта чи процесу, або наявність в її складі змінних якісного характеру;

2) існування суттєвих збурень, що діють на об'єкт керування і призводять до відхилення параметрів технологічного процесу від значень статичного режиму.

Виробництво ацетилену «карбідним методом» [8] супроводжується екзотермічною реакцією:



Реакція проходить в генераторі низького тиску типу «карбід у воду», куди подають воду та карбід кальцію. Проблемою в даному випадку є наявність різних збурень (температура води на охолодження, температура карбіду, замулення карбіду), що не дозволяють налаштуванню на відповідні показники ПІ- чи ПІД-регулятора забезпечити бажану якість керування.

3. Цілі та задачі дослідження

Незважаючи на єдину методологію побудови нечітких систем керування (яка полягає в послідовності етапів фазифікації, нечіткого логічного виводу, дефазифікації), відомі алгоритми нечіткого логічного виводу (Мамдані, Сугено, Ларсена), форми функцій належності (трикутні, трапецієвидні, гаусовські) та алгоритми дефазифікації, конструювання нечіткої моделі повинно відбуватися індивідуально для кожного об'єкту і процесу.

Метою роботи є підвищення якості регулювання (а саме збільшення швидкодії та зменшення перерегулювання) тепловим режимом ацетиленового генератора за рахунок створення нечіткої системи керування. Викликає інтерес також порівняльний аналіз нечіткої системи керування з системою керування на основі ПІ-регулятора.

4. Розробка системи керування

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати аналіз технологічного об'єкта керування та отримати математичну модель температурного режиму. Для спрощення будемо розглядати ацетиленовий генератор як об'єкт з зосередженими параметрами. Математичну модель об'єкту отримаємо у вигляді передатної функції. Маючи передатну функцію, налаштуємо параметри ПІ-регулятора та незалежно від цього побудуємо нечіткий регулятор. Для перевірки якості двох системи керування порівняємо графіки перехідних процесів, замкнених систем з нечітким та ПІ-регулятором.

4. 1. Аналіз технологічного об'єкту керування

Технологічним об'єктом керування є ацетиленовий генератор. Призначення апарату – підтримувати стабільну температуру при взаємодії карбіду кальцію з водою. Для безпечної роботи в генераторі повинна підтримуватись температура 55-60° С [9]. Тому для відведення тепла реакції в генератор безперервно подають холодну воду, витрата якої в апаратах системи «карбід у воду» (включаючи витрату води на реакцію розкладу CaC_2) досягає 10 м³ на 1 т карбіду.

Керований параметр – температура в апараті. Взаємодія карбіду кальцію з водою відбувається досить бурхливо з великим виділенням тепла, тому для

нормального протікання процесу потрібна відповідна задана температура, щоб не відбулося розкладання ацетилену.

Канал керування: «Витрата води на охолодження» – «Температура в апараті». Цю витрату води можна легко змінювати з допомогою виконуючого механізму – клапану (який зручно монтувати). Саме цей метод використовується на практиці.

На основі рівнянь матеріальних балансів, використавши лінеаризацію і перетворення Лапласа отримано наступну передатну функцію каналу керування:

$$W_{\text{кер}}(p) = \frac{1.54}{10.61p+1} \cdot e^{-9.2p}. \quad (1)$$

4. 2. Побудова нечіткого регулятора

Нечітка система керування температурним режимом ацетиленового генератора складається з об'єкту керування (аперіодична ланка першого порядку з запізненням), нечіткого регулятора і фактично має стандартний вигляд одноконтурної системи керування, що реалізує принцип керування за відхиленням.

Структура нечіткого регулятора представлена на рис. 1.

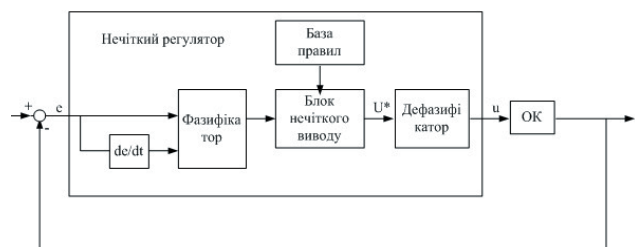


Рис. 1. Структура нечіткого регулятора

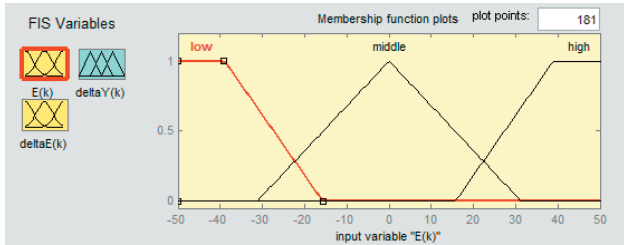
На вхід нечіткого регулятора надходить помилка $\epsilon(k)$ та обчислена її похідна за часом $\Delta\epsilon(k)$. Далі обидві величини спочатку піддаються операції фазифікації (перетворення в нечіткі змінні), потім отримані нечіткі змінні використовуються в блоці нечіткого логічного виводу для отримання керуючого впливу на об'єкт, який після виконання операції дефазифікації (зворотного перетворення нечітких змінних в чіткі) надходить на об'єкт у вигляді керуючого впливу $u(k)$.

Для реалізації наведеного вище алгоритму нечіткого моделювання використане середовище Simulink [10] та інструментарій Fuzzy Logic Toolbox. В Редакторі системи (Fuzzy Inference System Editor) застосовано тип системи – Мамдані, задано два входи $\epsilon(k)$ та $\Delta\epsilon(k)$ (представлені на рис. 2, а та 2, б відповідно) та вихід $u(k)$.

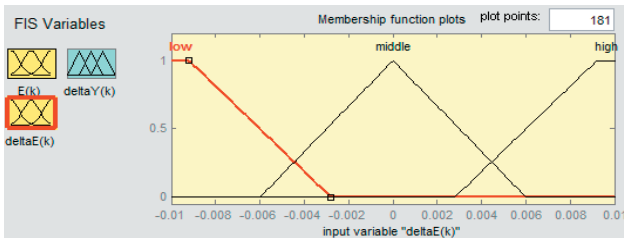
Для кожного входу та виходу було обрано 3 терми з відповідними функціями належності.

Розглянуто такі лінгвістичні змінні:

1. Помилка $\epsilon(k)$ – «Низька», «Середня», «Висока».
2. Зміна помилки $\Delta\epsilon(k)$ – «Низька», «Середня», «Висока».
3. Приріст керуючої дії $u(k)$ – «Низький», «Середній», «Високий».



а



б

Рис. 2. Функції належності нечітких термів: а – помилки $\varepsilon(k)$; б – зміни помилки $\Delta\varepsilon(k)$

Для розрахунку керуючого впливу на підставі експертних даних, сформульовано наступні правила:

If ($E(k)$ is low) and ($\Delta E(k)$ is low) then ($\Delta Y(k)$ is low)

If ($E(k)$ is low) and ($\Delta E(k)$ is middle) then ($\Delta Y(k)$ is middle)

If ($E(k)$ is low) and ($\Delta E(k)$ is high) then ($\Delta Y(k)$ is middle)

If ($E(k)$ is middle) and ($\Delta E(k)$ is low) then ($\Delta Y(k)$ is middle)

If ($E(k)$ is middle) and ($\Delta E(k)$ is middle) then ($\Delta Y(k)$ is middle)

If ($E(k)$ is middle) and ($\Delta E(k)$ is high) then ($\Delta Y(k)$ is high)

If ($E(k)$ is high) and ($\Delta E(k)$ is low) then ($\Delta Y(k)$ is high)

If ($E(k)$ is high) and ($\Delta E(k)$ is middle) then ($\Delta Y(k)$ is high)

If ($E(k)$ is high) and ($\Delta E(k)$ is high) then ($\Delta Y(k)$ is high)

4. 3. Настроювання параметрів ПІ-регулятора

Для створення системи керування з ПІ-регулятором використано стандартний блок бібліотеки Simulink – PID-controller. Даний блок був перетворений в ПІ-регулятор і автоматично настроєний вбудованими алгоритмами Matlab, як показано на рис. 3.

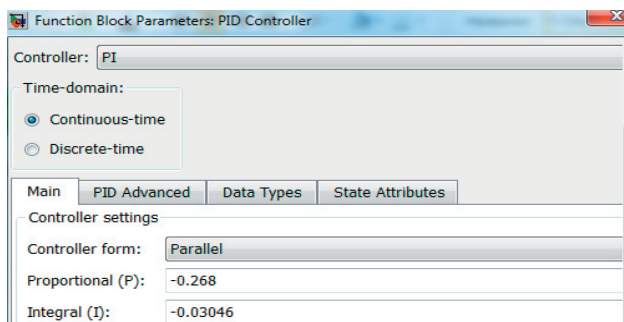
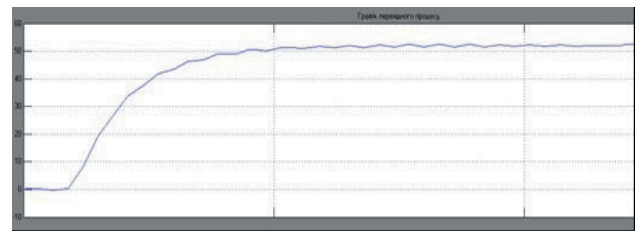


Рис. 3. Настроювання параметрів ПІ-регулятора в Simulink

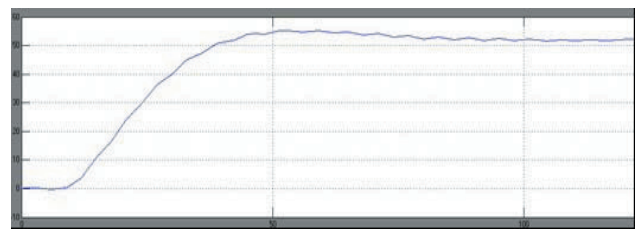
В результаті отримано наступні параметри регулятора: $K_p = 0.268$, $T_i = 0.030$.

5. Дослідження систем керування температурним режимом ацетиленового генератора

Для порівняння якості перехідних процесів було проведено комп'ютерне моделювання систем керування з нечітким і ПІ-регулятором. Перехідна характеристика системи з нечітким регулятором представлена на рис. 4, а, системи з ПІ-регулятором – на рис. 4, б. Схема моделювання в середовищі Simulink наведена на рис. 5



а



б

Рис. 4. Перехідні процеси в системах керування: а – система з нечітким регулятором; б – система з ПІ-регулятором

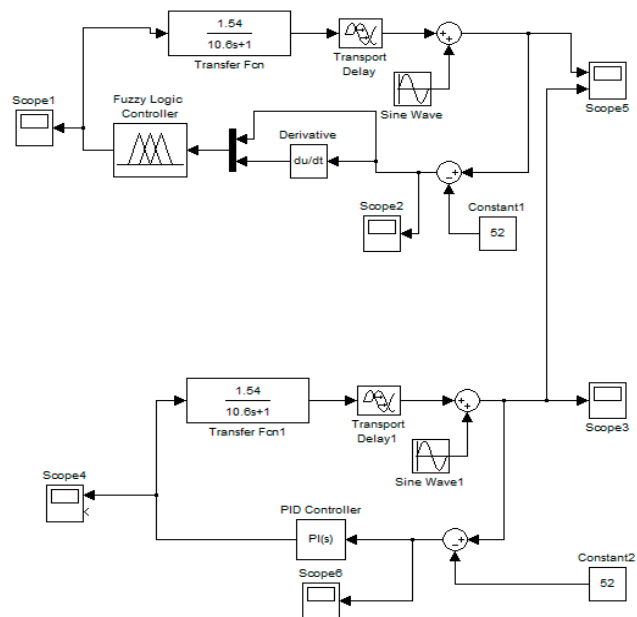


Рис. 5. Схема моделювання систем керування з нечітким та ПІ-регулятором в Simulink

Для отримання кількісних характеристик якості керування використано інтегральний показник:

$$I = \int_0^{\infty} \epsilon^2 dt, \quad (2)$$

де ϵ - помилка між заданим та поточним значенням керованої величини.

Для розрахунку показника (2) дані (масив часу, і масиви ординат перехідних характеристик) компонента «Score5» (рис. 5) були збережені в робочу область Matlab з подальшою числовою обробкою.

Враховуючи дискретний характер даних, показник (2) був замінений на формулу:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (52 - y_i)^2, \quad (3)$$

де N – кількість точок вимірювання, y_i - поточне значення вихідної величини в i -й точці. В результаті були отримані наступні значення: 328,66 - для системи з

нечітким регулятором і 373,28 - для системи з ПІ-регулятором.

6. Висновки

В роботі запропоновано нечітку систему керування температурним режимом ацетиленового генератора. В інструментарії Fuzzy Logic Toolbox розроблено нечіткий регулятор, на вхід якого подається відхилення керованої величини та швидкість її зміни, а на виході розраховується значення керуючого впливу - витрати води. В середовищі Simulink проведено імітацію та порівняння роботи нечіткої системи керування та системи керування з ПІ-регулятором.

За значеннями інтегрального показника якості зроблено висновок, що нечітка система має менше відхилення від заданого значення.

Також, варто зазначити, що нечітка модель може бути покращена шляхом проведення оптимізації функцій належності.

Література

1. Леоненков, А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech [Текст] / А. Ю. Леоненков. – С.-Птб.: БХВ, 2003. – 720 с.
2. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / С. Д. Штовба – М.: Горячая Линия - Телеком, 2007. – 288 с.
3. Chen, G. Fuzzy Modeling of Control Systems [Text] / G. Chen, T. T. Pham, J. J. Weiss // IEEE Transactions on Aerospace and Electrical Systems. – 1995. – Vol. 30. – P. 414–429.
4. Круглов, В. В. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода [Текст] / В. В. Круглов, М. И. Дли. – М.: Физматлит, 2002. – 198 с.
5. Деменков, Н. П. Нечеткое управление в технических системах [Текст]: учеб, пособие / Н. П. Деменков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 200 с.
6. Гостев, В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления [Текст] / В. И. Гостев. – К.: «Радиоаматор», 2008. – 972 с.
7. Chen, G. New design and stability analysis of fuzzy proportional-derivative control systems Systems [Text] / G. Chen, H. Li. Malki // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 1994. – Vol. 2. – P. 345–354.
8. Лебедев, Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза [Текст]: учеб / Н. Н. Лебедев. – М.: Химия, 1988. – 592 с.
9. Антонов, В. Н. Производство ацетилена [Текст] / В. Н. Антонов, А. С. Лapidус. – М.: Химия, 1970. – 416 с.
10. Дьяконов, В. П. Simulink 5/6/7 Самоучитель [Текст] / В. П. Дьяконов. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.