

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДВОКАНАЛЬНОГО НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Ковриго Ю. М., Новіков П. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, rezengan@ukr.net

Змінна динаміка поведінки об'єктів керування притаманна багатьом об'єктам теплоенергетики. Наприклад, такі об'єкти як котлоагрегати теплоелектростанцій, особливо прямооточні, що «вимушені» працювати в маневрових режимах, мають суттєво змінну динаміку під час роботи на різних навантаженнях енергоблока. В таких умовах застосування класичних підходів автоматизації, що ґрунтуються на детермінованих моделях та методах керування, не є ефективним, на відміну від інтелектуальних та експертних систем керування [1].

Мова нечіткого керування (*Fuzzy Control Language – FCL*) розроблена для подання нечітких моделей систем керування, зокрема моделей ПЛК, у формі структурованого тексту, який може бути інтерпретований як програма на мові високого рівня. Хоча стандарт не визначає вимоги до обчислювальних пристроїв і середовищ, які можуть реалізовувати трансляцію, компіляцію та виконання програм на *FCL*, описана в ньому нотація основних компонентів систем нечіткого виводу дозволяє досягти формального рівня суворості, необхідного для подальшої розробки відповідних інструментальних засобів [2].

Огляд програмного забезпечення промислових контролерів провідних світових виробників показав, що стандарт *IEC 61131-7* не реалізований в такій мірі, як, наприклад, стандарт *IEC 61131-3*. Найбільшого успіху в програмуванні контролерів з використанням нечіткої логіки досягла фірма *Siemens* з її продуктом *S7 Fuzzy Control*. На жаль, він не досяг широкого розповсюдження і нині не підтримується. Для реалізації двоканального нечіткого контролера [3] на промислових засобах автоматизації розроблено програмне забезпечення, яке реалізує алгоритм нечіткого виводу Мамдані. Для написання коду обрано мову *Structured Text (ST)* стандарту *IEC 61131-3*. До її переваг варто віднести широке розповсюдження серед промислових виробників, гнучкість у реалізації алгоритмів, легкість перенесення на інші програмні платформи. Фрагменти коду, які можуть бути винесені в окремі блоки, необхідно інкапсулювати у функціональні блоки для можливості формування програми мовою *FBD*.

Додатки нечіткого керування, розроблені в формі програм на *FCL*, відповідно до стандарту *IEC 61131-7*, інкапсульовані в функціональні блоки (ФБ) на основі стандарту *IEC 61131-3*, який визначає використання мов програмування в ПЛК. Тип ФБ, що визначається в *FCL*, задається вхідними та вихідними параметрами, спеціальними правилами й оголошеннями нечіткого керування. Екземпляри ФБ містять значення даних конкретних додатків нечіткого керування. Записані на *FCL* ФБ можуть бути використані в будь-якій з п'яти мов стандарту *IEC 61131-3*.

Для реалізації двоканального нечіткого регулятора й алгоритму його роботи [2, 3] розроблено 7 функцій і 3 функціональні блоки за стандартом

IEC 61131-3. Як ПЛК обрано контролер АХС F 2152 покоління *PLCnext Technology* фірми *Phoenix Contact*.

Досліджено завантаженість ПЛК під час роботи програми з тривалістю скану 100 мс. У порожньому проєкті завантаженість CPU становить в середньому 24 %. Під час виконання вище описаного ПЗ завантаженість склала в середньому 38 %, тобто розроблений алгоритм нечіткого виводу збільшив завантаженість CPU на 14 %.

Проведено порівняння роботи розробленого програмного забезпечення з моделлю регулятора в *Matlab/Simulink*. Похибка не перевищила 3,7 %. Це свідчить про точність реалізації алгоритму нечіткого виводу в промисловому контролері. Відмінність у сигналах керування пояснюється методом дефазифікації – у контролері використовується наближення методу центру ваги, яке характеризується обмеженою кількістю точок на діапазоні вихідної змінної.

Отримане програмне забезпечення дозволяє реалізовувати схеми керування з нечіткими регуляторами на засобах промислової автоматизації, має велике практичне значення для розробки інтелектуальних систем керування та може бути використане для побудови систем керування складними об'єктами теплоенергетики, такими як прямоточні котлоагрегати енергоблоків ТЕС.

1. Штіфзон О. Й., Новіков П. В., Баган Т. Г. Розробка адаптуючого *fuzzy-logic* пристрою для керування в умовах параметричної нестационарності. *Східно-європейський журнал передових технологій*. Харків, 2018. Том 1, № 2. С. 30–37.

2. Деменков Н. П. Язык нечеткого управления. *Промышленные АСУ и контроллеры*. 2005. № 5. С. 30–37.

3. Ковриго Ю. М., Новіков П.В. Алгоритм роботи двоканального нечіткого контролера для керування теплоенергетичними об'єктами. *Наукові вісті КІП ім. Ігоря Сікорського*. Київ, 2019. № 3. С. 24–32.