

Параметричний синтез нечіткого регулятора системи керування паровою турбіною атомної електростанції

Х. Б. Федянина¹, В. П. Северин¹

Анотація – This paper describes solution of synthesis problems in intellectual control systems. Optimal control systems with fuzzy controllers were synthesized for steam turbine, thus allowing comparison between fuzzy controllers and traditional PID controllers.

Ключові слова – парова турбіна, нечітка логіка, система керування, регулятори частоти, параметричний синтез.

I. ВСТУП

Протягом останніх років інтенсивно ведуться роботи з практичного впровадження нечітких регуляторів і нечітких систем автоматичного керування (САК) в світовій енергетиці для підвищення безпеки систем автоматичного керування, їх маневрених характеристик, показників стійкості та якості, які істотним чином залежать від динамічних властивостей систем [1-4]. Підвищення якості систем керування паровими турбінами може бути забезпечене розвитком розрахункових методів проектування шляхом підвищення їх надійності та точності, що і визначає актуальність напрямку досліджень.

Метою даної роботи є представлення результатів параметричного синтезу систем стабілізації частоти обертання ротора парової турбіни К-1000-60/1500, що експлуатується на атомних електричних станціях, з використанням стандартних лінійних і нечітких регуляторів частоти.

Розвиток методів синтезу дозволить підвищити ефективність систем автоматичного керування паровими турбінами з урахуванням конструктивних і технологічних вимог, що до них пред'являються.

II. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У СИНТЕЗІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Інтелектуальні системи керування, що засновані на нечіткій логіці та штучних нейронних мережах, в ряді випадків здатні забезпечити більш високі показники якості перехідних процесів у порівнянні з класичними ПІД регуляторами [1].

Розвиток методів синтезу інтелектуальних систем дозволить провести оптимізацію складних контурів систем автоматичного керування.

Аналіз нечітких регуляторів і принципів їх побудови виявив, що застосування таких регуляторів дає можливість використовувати для керування інформацію якісного характеру, яку неможливо формалізувати при реалізації традиційних законів регулювання. Нечіткий регулятор виявляється малочутливим до збурень у досить

широкому діапазоні та демонструє кращі характеристики в порівнянні з класичними регуляторами. Об'єднання методів теорії керування та теорії нечітких систем дозволяє моделювати процеси керування енергоблоками атомних електростанцій, що складно формалізуються, а також формувати керуючі сигнали згідно з прийняттям рішень висококваліфікованими операторами АЕС [1, 2].

З порівняння нечітких регуляторів і нейроконтролерів можна зробити висновок про те, що обидва типи регуляторів виконують нелінійне перетворення вхідного сигналу у вихідний сигнал. Для налаштування такого перетворення виконується оптимізація параметрів регуляторів. Кількість таких параметрів менше у нечіткого регулятора. Методами векторної оптимізації був виконаний синтез оптимальних систем керування паровою турбіною з нечіткими регуляторами, що дало змогу порівняти нечіткі регулятори з традиційними ПІД регуляторами [3,4].

Нечіткий ПІ регулятор, що представлений на Рис. 1, використовує систему нечіткого виводу (СНВ), яка включає базу правил та блоки фазифікації, нечіткого виводу та дефазифікації.

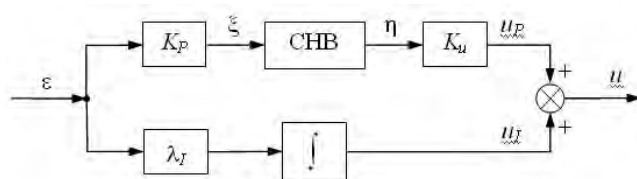


Рис. 1. Схема нечіткого ПІ регулятора

Функції належності вхідної ξ та вихідної η змінних представлені на Рис. 2, де $\xi_n = \xi_p$, $\eta_n = \eta_p$, $\xi_p \in [0; 1]$, $\eta_p \in [0; 1]$.

База правил має вигляд:

- 1) якщо $\xi = N_\xi$, то $\eta = N_\eta$;
- 2) якщо $\xi = Z_\xi$, то $\eta = Z_\eta$;
- 3) якщо $\xi = P_\xi$, то $\eta = P_\eta$.

Вектор змінних параметрів нечіткого ПІ регулятора

$$x = (K_p, \lambda_I, K_u, \xi_p, \eta_p).$$

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, Харків, 61002, УКРАЇНА, E-mail: fedyanyna@gmail.com, severinv@mail.ru

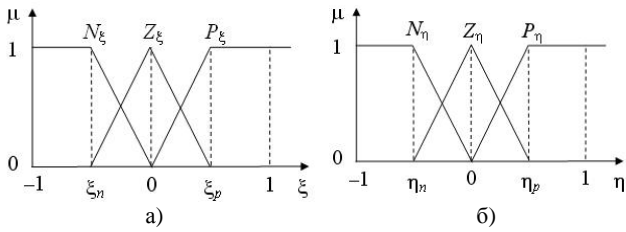


Рис. 2 Функції належності:
а) для вхідної змінної, б) для вихідної змінної

Керуюча дія нечіткого ПІ регулятора має вигляд:

$$u = u_p + u_i, \quad u_p = f_F(x, K_p \varepsilon) K_u, \quad du_i/dt = \lambda_i \varepsilon.$$

III. СИНТЕЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПАРОВОЮ ТУРБІНОЮ

Система автоматичного керування частотою парової турбіни (САКЧ ПТ) включає парову турбіну (ПТ), датчик частоти, регулятор частоти (РЧ), слідкуючий привід і клапан регулювання турбіни. Розроблені математичні моделі систем автоматичного керування частотою в просторі станів з лінійними і нелінійними регуляторами частоти, призначені для розв'язання задач оптимізації параметрів регуляторів [3, 4].

Для оптимізації параметрів САКЧ сформований вектор $x \in \mathbb{R}^p$ з параметрів РЧ. Визначена модель САКЧ як системи стабілізації частоти при вхідній збурюючій дії $v_s = -1(t)$, відповідній переходу турбіни з режиму номінальної потужності до режиму холостого ходу, і вихідній координаті y відхилення частоти у відсотках:

$$dX_F(x, t)/dt = A_F(x)X_F(x, t) + B_F v_s,$$

$$y(x, t) = 100C_F X_F(x, t).$$

Для отримання оптимальних процесів з мінімальним часом регулювання задані обмеження задачі оптимізації прямих показників якості: відповідне допустимому відхиленню частоти 4% значення максимального відхилення відносної координати частоти y у відсотках $\sigma_m = 4$, допустиме значення розмаху коливань частоти $\zeta_m = 1$, параметр зони сталого значення $\delta_z = 0,01$. У Таб. 1 для ПІ, ПІД та нечіткого ПІ регуляторів дані оптимальні значення максимального відхилення чистоти σ , розмаху коливань ζ і часу регулювання t_c , що отримані модифікованими генетичними алгоритмами. Відповідні Таб. 1 перехідні процеси зміни частоти представлені на Рис. 3.

IV. ВИСНОВОК

Представлені результати синтезу систем стабілізації частоти обертання ротора парової турбіни із різними законами керування. Векторними генетичними алгоритмами проведена оптимізація прямих показників якості для систем керування з ПІ, ПІД та нечітким ПІ регуляторами. Аналіз результатів синтезу показав, що нечіткий ПІ регулятор забезпечує кращі показники якості системи, ніж лінійні ПІ і ПІД регулятори частоти.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РЧ

РЧ	σ	ζ	t_c, c
ПІ	3,475	1,000	5,196
ПІД	3,360	0,904	4,200
НПІ	1,711	0,224	2,208

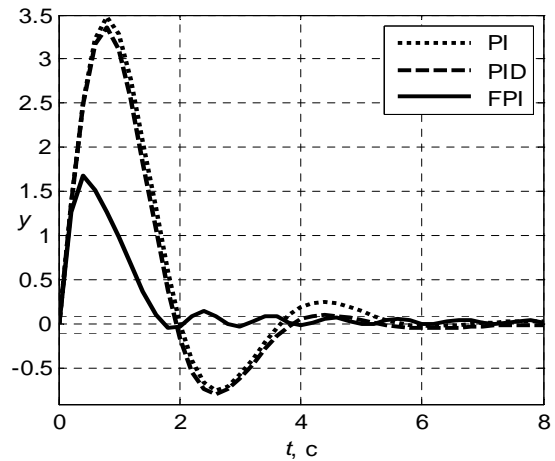


Рис. 3. Зміна частоти обертання ротора парової турбіни

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л., "Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы", М.: Горячая линия-Телеком. 2006. 452 с.
- [2] Fedyanina K., Kucher I., Severin V. P. "Optimal design of intelligent control systems of steam turbine using genetic algorithms", Intelligent Information and Engineering Systems. International Book Series "Information Science and Computing", Number 13. Supplement to the International Journal "Information Technologies and Knowledge". Vol. 3. Rzeszow, Poland, Sofia, Bulgaria: ITNEA. 2009, pp. 105–113.
- [3] Федянина К. Б., Кучер Е. А., Северин В. П. "Оптимизация следящего привода и систем управления паровой турбиной с использованием генетических алгоритмов", Техн. електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність». 2009, ч. 5, сс. 86–91.
- [4] Федянина К. Б., Кучер Е. А., Северин В. П. "Оптимальный синтез системы управления паровой турбиной и ее следящего привода для энергоблока с реактором ВВЭР-1000", Проблемы обеспечения безопасности информационных и управляющих систем АЭС: сборник научных трудов. Одесса: Астропринт, 2010, сс. 203 – 216.