

# ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ

Марченко А.А., к.т.н., доцент, Олефір І.Д., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

**Вступ.** Системи автоматичного регулювання напруги (AVR – Automatic Voltage Regulator) широко використовуються в енергосистемах, переважно для покращення якості електроенергії та вирішення критичних питань у мережах електропостачання. Традиційні система AVR використовуються для тиристорних випрямлячів, які шляхом зміни кута відкриття тиристора регулюють напругу генератора.

Останнім часом широко популярність знаходять нечіткі моделі і алгоритми управління. Відомо, що нечітке управління засноване на використанні не стільки аналітичних або теоретичних моделей, скільки на практичному застосуванні знань у формі лінгвістичних баз правил. Нечітке управління ефективно у випадках недетермінованості параметрів об'єктів.

Відомо, що при невеликому діапазоні зміни параметрів об'єкта в 1,5 – 2 рази однопараметричне налаштування регулятора в достатній мірі забезпечує якість керування при збереженні співвідношення між двома(трьома) складовими закону керування [1, 2].

**Мета роботи:** дослідження впливу нечіткого регулювання в системі автоматичного регулювання напруги.

**Матеріали та результати досліджень.** Нечітке управління розробляється за лінгвістичним правилам, що тісно пов'язано з технологією заснованої на знаннях. Ми використовуємо алгоритм нечіткої логіки, який включає обчислення параметрів.

Існує декілька алгоритмів нечіткого висновку, і одним з найбільш поширених є алгоритм Мамдані [2].

Розглянемо його на прикладі бази знань, що складається з двох правил:

- Правило 1: якщо  $x$  належить множині  $A1$  і  $y$  належить множині  $B1$ , то  $z$  належить множині  $C1$ ;
- Правило 2: якщо  $x$  належить множині  $A2$  і  $y$  належить множині  $B2$ , то  $z$  належить множині  $C2$ .

Тут  $x$  і  $y$  є вхідними змінними,  $z$  – це змінна виводу, а  $A1, A2, B1, B2, C1$  і  $C2$  – задані функції приналежності. З використанням цих правил і чітких значень для  $x_0$  і  $y_0$ , необхідно визначити точне значення  $z_0$ .

Для дослідження алгоритму будемо використовувати структурну схему на рис. 1.

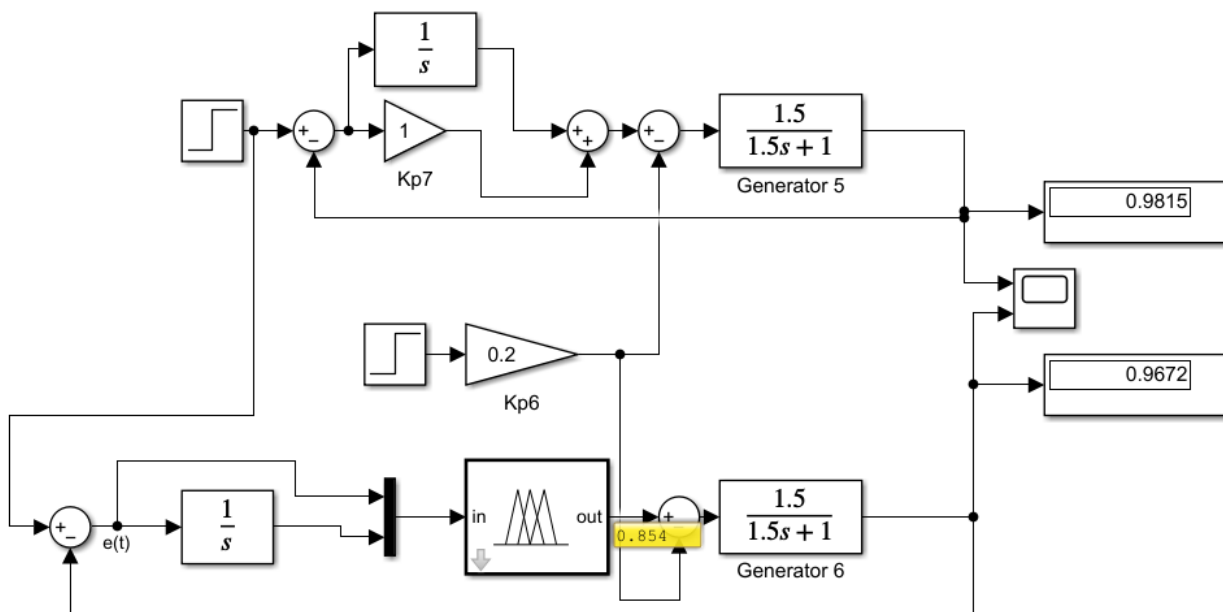


Рисунок 1 – Структурна схема нечіткої системи налаштування ПІ-регулятора

Після цього сформуємо бази правил. *База правил* - це безліч правил, де кожному підзаключенню зіставлений певний ваговий коефіцієнт.

*Фазифікація входних змінних.* На вхід будуть подаватися масив входних даних. У ньому будуть міститись значення  $E$  і  $Edt$ . Метою цього етапу є отримання значень істинності для всіх під умови з бази правил.

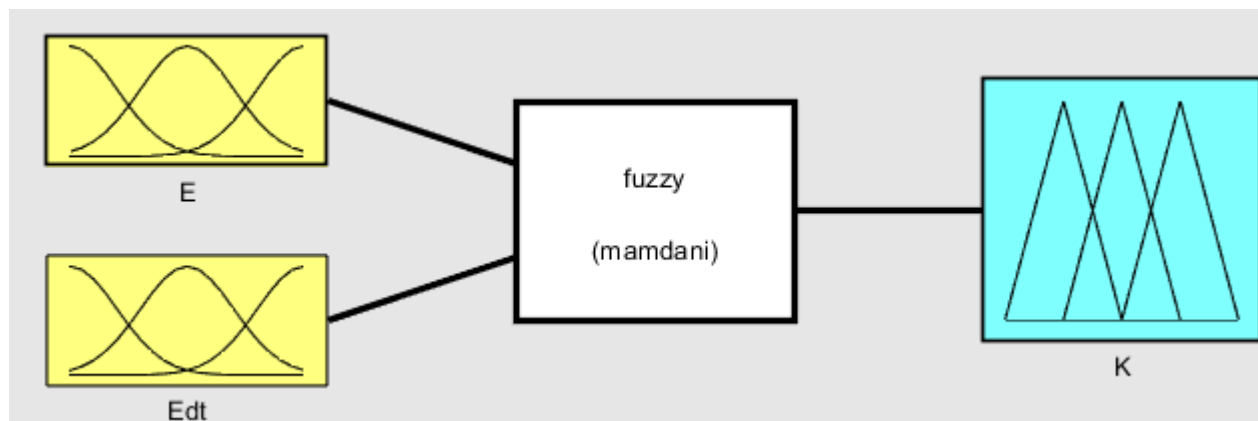


Рисунок 2 – Дизайн нечіткого логіки

*Агрегування під умов.* На цьому етапі ми формуємо наші умови. Метою цього етапу є визначення ступеня істинності умови для кожного з правил системи нечіткого виводу

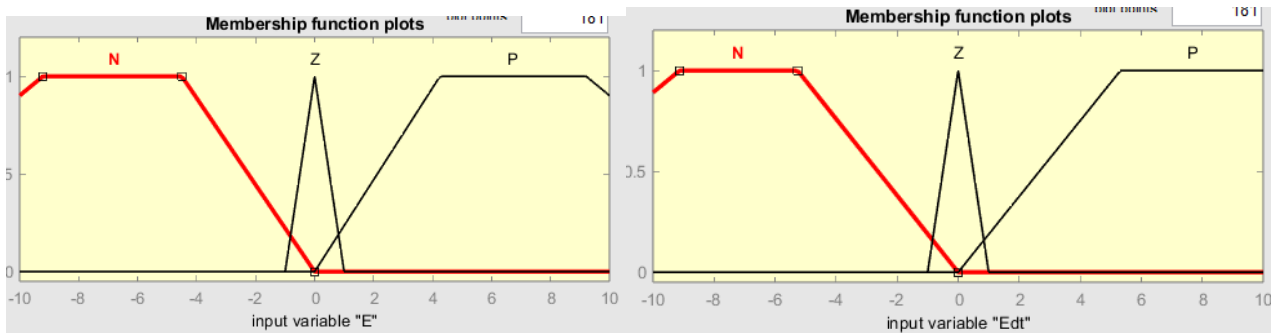


Рисунок 3 – Функції приналежності системи нечіткого входу

*Активізація підзаключень.* На цьому етапі відбувається перехід від умов до підзаключень. Для кожного підзаключення знаходиться ступінь істинності.

*Акумуляції заключень.* Цей етап полягає в отримання нечіткої множини (або їх об'єднання) для кожної з вихідних змінних [2, 3].

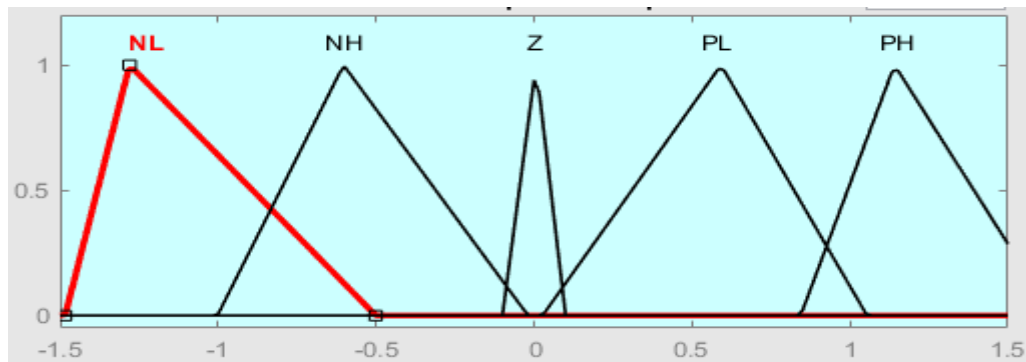


Рисунок 4 – Функція приналежності системи нечіткого виходу

Лінгвістичні правила для нечіткого логічного висновку:

- 1. If (E is N) and (Edt is N) then (Kp is NL) (1)
- 2. If (E is N) and (Edt is Z) then (Kp is PL) (1)
- 3. If (E is N) and (Edt is P) then (Kp is NL) (1)
- 4. If (E is Z) and (Edt is N) then (Kp is NL) (1)
- 5. If (E is Z) and (Edt is Z) then (Kp is Z) (1)
- 6. If (E is Z) and (Edt is P) then (Kp is Z) (1)
- 7. If (E is P) and (Edt is N) then (Kp is Z) (1)
- 8. If (E is P) and (Edt is Z) then (Kp is PL) (1)
- 9. If (E is P) and (Edt is P) then (Kp is PH) (1)

де E та Edt – пропорційний та інтегральний входи нечіткого регулятора відповідно;

N, Z, P – відповідно додатна, нульова та від'ємна зміна вхідних величин;

NL, NH, ZE, PS, PF – відповідно від'ємна швидка, середня, слабка, нульова та додатні слабка, середня, швидка зміна вихідної величини [2, 3].

Графік перехідного процесу в даній системі зображено на рис. 5. На даному рисунку зображено перехідний процес, який почався з 0 секунди, на 6.5

секунді виникає збурення 20% в каналах з ПІ- регулятором та з регулятором на основі нечіткої логіки.

На рисунку 5:

- Синя лінія – це перехідний процес в каналі з ПІ-регулятором;
- Помаранчева лінія – це перехідний процес в каналі з регулятором на основі нечіткої логіки.

Аналіз сигналів виходу показує що в каналі з регулятором на основі нечіткої логіки спостерігається зменшення час виходу на режим за 1.36 секунду. В той же час в каналі з ПІ-регулятором через 2.3 секунди.

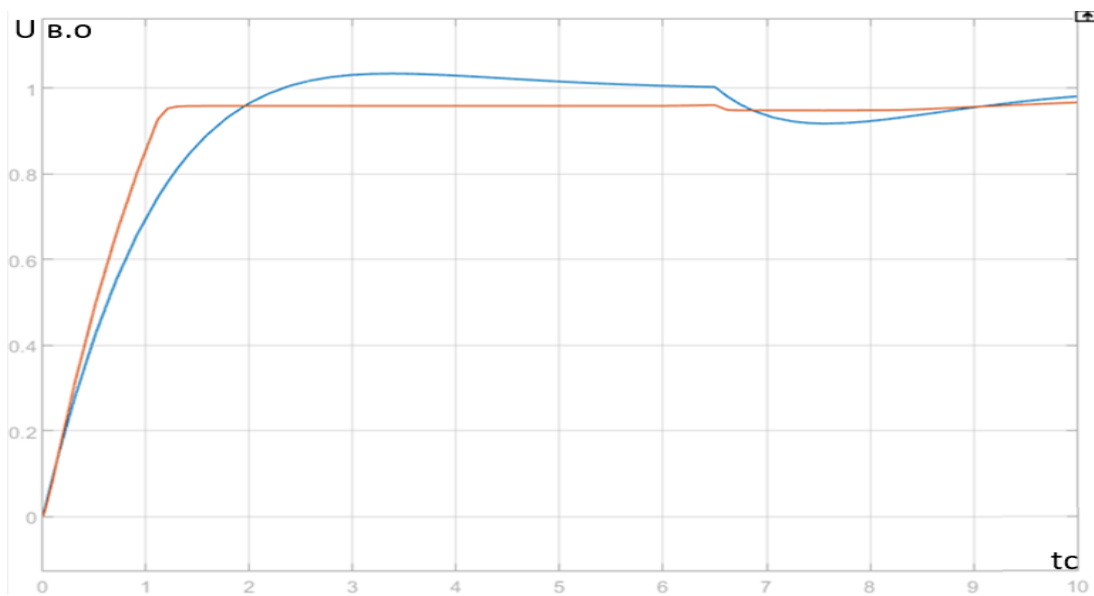


Рисунок 5 – Графік перехідного процесу зміни напруги

**Висновок.** В роботі запропоновано нечітку логіку в системі автоматичного регулювання напруги. В інструментарії Fuzzy Logic Toolbox розроблено нечіткий регулятор, на вхід якого подається відхилення керованої величини та інтегральна складова її зміни. На виході розраховується значення керуючого впливу на систему збудження генератора. В середовищі Simulink проведено моделювання та порівняння роботи нечіткої системи керування та системи керування з ПІ-регулятором.

Аналіз суміщеного графіка перехідного процесу зміни напруги дозволяє зробити висновок, що нечітка система має менше відхилення від заданого значення. Також, варто зазначити, що нечітка модель може бути покращена шляхом оптимізації функція приналежності системи нечіткого виходу.

#### Перелік посилань

1. Чермалих В.М. Нечітка логіка в інтелектуальних системах програмного керування. Частина 1. Основні теоретичні відомості - К.: НТУУ «КПІ» ІЄСЄ, 2006. - С. 15-18, 46.
2. 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
3. Технічна бібліотека Matlab (Implement Fuzzy PID Controller in Simulink)