

## **МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА САУ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ УПРАВЛІННЯ**

Д.В. Кір'янов

(Полтавський військовий інститут зв'язку)

*Розроблено модель цифрового нечіткого регулятора системи автоматичного управління (САУ) нестационарними об'єктами управління. Представлено результати моделювання роботи САУ з запропонованим регулятором в умовах динамічних збурюючих впливів. Досліджена залежність параметрів настроювання нечіткого регулятора від зміни параметрів об'єкта управління.*

*система автоматичного управління, цифровий нечіткий регулятор, об'єкт управління, похибка неузгодженості.*

**Постановка проблеми.** Робота систем автоматичного управління (САУ) в багатьох випадках пов'язана з невизначеностями, викликаними, наприклад, зміною параметрів об'єкта управління (ОУ) [1].

Для забезпечення вітростійкого підйому телескопічних антенних щогл рухомих засобів радіозв'язку застосовуються системи автоматичного управління, які здатні суттєво зменшити або компенсувати вплив вітрового навантаження на просторове положення антенної щогли під час її підйому. Процес автоматичного підйому телескопічної антенної щогли під впливом вітрового навантаження представляє собою замкнену систему автоматичного управління. Така система є істотно нелінійною і нестационарною, тому синтез регулятора, який забезпечує якісну роботу такої САУ є складним завданням [2].

**Аналіз літератури.** Системи автоматичного управління з цифровими регуляторами достатньо докладно описані [3]. Алгоритми синтезу цифрових нечітких регуляторів (регуляторів, що працюють на базі нечіткої логіки) наведено в [2].

Для вирішення задачі управління нестационарними об'єктами в роботі [2] запропоновано почергове включення декількох регуляторів, попередньо оптимально налаштованих на деякий набір внутрішніх параметрів об'єкта управління. Недоліком такого підходу є наявність перехідних процесів при підключенні чергового оптимально настроєного регулятора. Тому задача синтезу регуляторів для нестационарних об'єктів управління є достатньо актуальною.

**Метою статті** є розробка нечіткого регулятора, що змінює параметри своєї оптимальної настройки відповідно до зміни параметрів об'єкта управління та дослідження якості роботи системи автоматичного управління з синтезованим регулятором.

Запропонована модель нечіткого регулятора відрізняється від існуючих тим, що нечіткий регулятор забезпечує оптимальні по заданому критерію якості параметри настройки в залежності від зміни параметрів нестационарного об'єкта управління.

Прикладом нестационарного об'єкта управління може бути антенна щогла рухомих засобів радіозв'язку під час вертикального підйому [7]. В залежності від висоти підйому антенної щогли змінюються її параметри як коливальної ланки. Тому регулятор для системи автоматичного управління підйомом антенної щогли повинен забезпечити високу якість управління в кожній точці підйому в умовах динамічних вітрових навантажень.

**Рішення задачі.** Диференціальне рівняння поперечних коливань щогли має вигляд [7]

$$ay''(t) + by'(t) + cy(t) = q(t), \quad (1)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти диференціального рівняння;  $q(t)$  – поперечне розподілене навантаження на щоглу.

Тоді передавальна функція антенної щогли, як об'єкта управління, матиме вигляд [1]

$$G(s) = \frac{Y(s)}{Q(s)} = \frac{1}{as^2 + bs + c}. \quad (2)$$

Результати розрахунків залежності параметрів  $a$ ,  $b$ ,  $c$  диференціального рівняння коливань телескопічної антенної щогли від висоти підйому  $l$  наведені на рис. 1.

Математичне моделювання системи автоматичного управління з нечітким регулятором, синтезованим за методикою [2] показує, що зі зміною висоти підйому антенної щогли змінюються значення оптимальних параметрів настройки нечіткого регулятора.

Структурну схему цифрового нечіткого регулятора в системі автоматичного управління складено в інтерактивній системі MATLAB і зображено на рис. 2.

Він складається з аналогово-цифрового перетворювача, представленого фіксатором *Zero-Order Hold*, блоків оцінки першої та другої похідних похибки в системі, блоків нормування вхідних (*normin*) та вихідного (*normout*) сигналів, центрального блоку нечіткого регулятора *Fuzzy Logic Controller* і вихідного цифро аналогового перетворювача представленого фіксатором *Zero-Order Hold*. В центральному блоці нечіткого регу-

лятора (*Fuzzy Logic Controller*) вибираються функції приналежності (*membership function*) і задається база правил (*rules*).

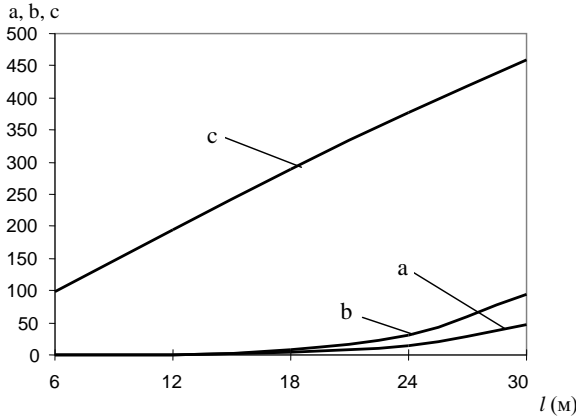


Рис. 1. Залежність параметрів a, b, c щогли від висоти підйому l

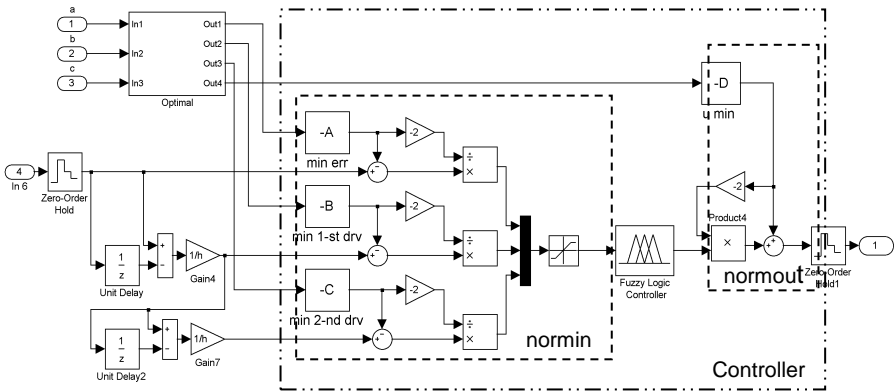


Рис. 2. Математична модель нечіткого регулятора з блоком *Optimal*

Блоки оцінки першої та другої похідної від похибки реалізують рівняння:

$$\dot{\theta}(t) \approx \{\theta(kh_0) - \theta[(k-1)h_0] / h_0; \quad (3)$$

$$\ddot{\theta}(t) \approx \{\dot{\theta}(kh_0) - \dot{\theta}[(k-1)h_0] / h_0. \quad (4)$$

Для проведення нормування (перерахунку значень сигналів в значеннях елементів єдиної універсальної множини) використовуються вирази:

$$\left. \begin{aligned} u_1^* &= (\theta^* - \theta_{\min}) / (\theta_{\max} - \theta_{\min}); \\ u_2^* &= (\dot{\theta}^* - \dot{\theta}_{\min}) / (\dot{\theta}_{\max} - \dot{\theta}_{\min}); \\ u_3^* &= (\ddot{\theta}^* - \ddot{\theta}_{\min}) / (\ddot{\theta}_{\max} - \ddot{\theta}_{\min}); \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$u_c^* = (m^* - m_{\min}) / (m_{\max} - m_{\min}). \quad (6)$$

На підставі виразів (5) та (6) побудовані структурні схеми блоків нормування *normin* та *normout*. Значення діапазонів зміни параметрів

$A = \theta_{\max} = -\theta_{\min}$ ;  $B = \dot{\theta}_{\max} = -\dot{\theta}_{\min}$ ;  $C = \ddot{\theta}_{\max} = -\ddot{\theta}_{\min}$ ;  $D = m_{\max} = -m_{\min}$  (7) підбираються при настроюванні нечіткого регулятора або в ручному режимі, або автоматично шляхом рішення оптимізаційної задачі.

Послідовне з'єднання блоку нормування вхідних сигналів (*normin*), центрального блоку *Fuzzy Logic Controller* і блоку нормування вихідного сигналу (*normout*) розглядають як нечіткий регулятор (Controller).

Математична модель нечіткого регулятора, що приведена на рис. 2. відрізняється від відомих [2] наявністю блоку *Optimal*, який служить для забезпечення оптимальних по заданому критерію якості параметрів настройки А, В, С, D. У випадку з САУ підйомом антенної щогли на вхід блоку *Optimal* подаються значення параметрів антенної щогли  $a, b, c$ , а на виході блоку формуються значення оптимальних параметрів настройки А, В, С, D.

Похибка в системі управління з нечітким регулятором квантується аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП) з кроком квантування  $h_0$ . Похибка з виходу АЦП  $\theta$ , її перша  $\dot{\theta}$  та друга  $\ddot{\theta}$  різниці подаються на вхід нечіткого регулятора. Вихідною лінгвістичною змінною є керуваний вплив на об'єкт управління –  $m$ .

Дослідження роботи системи автоматичного управління з запропонованим нечітким регулятором методом математичного моделювання в інтерактивній системі MATLAB наведені на рис. 3. а, б.

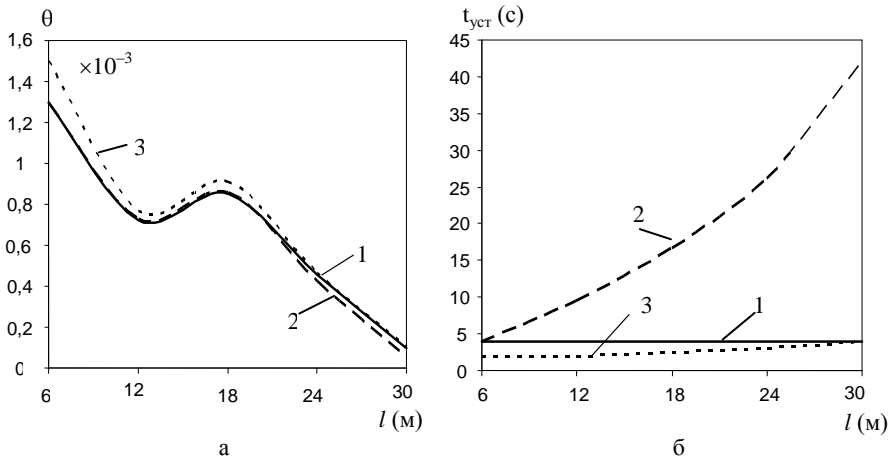


Рис. 3. Результати моделювання роботи САУ з різною настройкою нечітких регуляторів

Для НР, що перестроюється в залежності від зміни параметрів ОУ результати моделювання відображені лінією 1, для НР з оптимальними параметрами настройки на мінімальній висоті – лінією 2, для НР з оптимальними параметрами настройки на максимальній висоті – лінією 3.

Нечіткий регулятор, що перестроюється в залежності від зміни параметрів ОУ дозволяє на 12 – 15% підвищити динамічну точність системи автоматичного управління в порівнянні з регулятором настроєним на максимальні значення параметрів ОУ і в 6 – 8 разів знизити час установлення мінімальної похибки в САУ в порівнянні регулятором настроєним на мінімальні значення параметрів об'єкта управління.

**Висновок.** Дослідження системи автоматичного управління підйомом антенної щогли з нечітким регулятором методом математичного моделювання показує, що запропонований нечіткий регулятор забезпечує високу якість управління в широкому діапазоні зміни параметрів нестационарного об'єкта управління.

Система автоматичного регулювання з високою точністю відпрацьовує забезпечення просторового положення антенної щогли під час її вертикального підйому. Але похибка роботи САУ залежить від якості настроювання параметрів цифрового нечіткого регулятора. Тому побудова нечіткого регулятора на базі запропонованої моделі є доцільною та перспективною.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дорф Р., Бишон Р. *Современные системы управления*. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 832 с.
2. Гостев В.И. *Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления*. – К.: Радіоаматор, 2005. – 708 с.
3. Гостев В.И., Стеклов В.К. *Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами*. – К.: Радіоаматор, 1998. – 704 с.
4. Савицкий Г.К. *Основы проектирования антенных конструкций*. – М.: Связь, 1973. – 112 с.
5. Дэбни Дж., Харман Т. *Simulink 4. Секреты мастерства: Пер. с англ. Сиимонова М.Л.* – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.
6. Кір'янов Д.В. *Модель САУ для підйому антенної щогли в умовах вітрових навантажень на основі нечіткого регулятора // Радіоелектронні та комп'ютерні системи*. – 2006. – № 7. – С.40-43.
7. Горошко О.О., Кір'янов Д.В. *Стійкість та коливання антенної щогли під дією вітрових навантажень // Вісник Київського університету*. – К.: КНУ, 2006. – № 2. – С. 26-31.

Надійшла 24.05.2006

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор Р.Г. Савенко,  
Національний технічний університет, Полтава.