

УДК 62-55.681.515

Д.В. Кір'янов, С.В. Дружинін

Полтавський військовий інститут зв'язку

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ САУ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Представлено результати моделювання роботи системи автоматичного управління (САУ) нестационарними об'єктами управління на основі цифрового нечіткого регулятора в умовах динамічних збурюючих впливів. Досліджено властивості САУ з нечітким регулятором від зміни параметрів збурюючого впливу та об'єкта управління, а також різних типів і параметрів функцій приналежності нечіткого регулятора.

система автоматичного управління, цифровий нечіткий регулятор, об'єкт управління, помилка неузгодженості

Вступ

Постановка проблеми. Робота систем автоматичного управління (САУ) в багатьох випадках пов'язана з невизначеностями, які викликані, на-

приклад, зміною параметрів об'єкта управління (ОУ) та параметрів збурюючого впливу [1].

Для забезпечення вітростійкого підйому телескопічних антенних щогл рухомих засобів радіозв'язку військового призначення застосовуються

системи автоматичного управління, які здатні суттєво зменшити або компенсувати вплив вітрового навантаження на просторове положення антенної щогли під час її вертикального 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 в [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] зокрема запропоновано по чергове ввімкнення 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. В [7] для підвищення якості роботи системи автоматичного управління нестационарними об'єктами запропоновано змінювати настройки параметрів нечіткого регулятора (НР) відповідно до зміни параметрів об'єкта управління.

Метою статті є дослідження якості роботи системи автоматичного управління нестационарним об'єктом на основі нечіткого регулятора в залежності від зміни параметрів збурюючого впливу та використання різних типів функцій приналежності НР.

В якості моделі САУ для досліджень використана запропонована в [6] модель перестроюваного нечіткого регулятора, яка складена в інтерактивній системі MATLAB. Дана модель відрізняється від існуючих [2] 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 в умовах вітрових навантажень [7]. В залежності від висоти підйому антенної щогли змінюються її параметри як коливальної ланки. Тому регулятор для системи автоматичного управління підйомом антенної щогли (в умовах динамічних вітрових навантажень)

повинен забезпечити високу якість управління в кожній точці підйому.

РезультатидоЯлідження

Дослідження моделі системи автоматичного управління підйомом антенної щогли методом математичного моделювання в інтерактивному середовищі MATLAB [2, 5] дозволили встановити залежність похибки неузгодженості θ в системі автоматичного управління і часу її встановлення $t_{вст}$ від величини динамічної складової вітрового навантаження Q^* . Моделювання проводилося при зміні величини динамічної складової вітрового навантаження Q^* у межах $[0,5; 5]$. При цьому інші параметри моделі залишалися незмінними: постійна складова

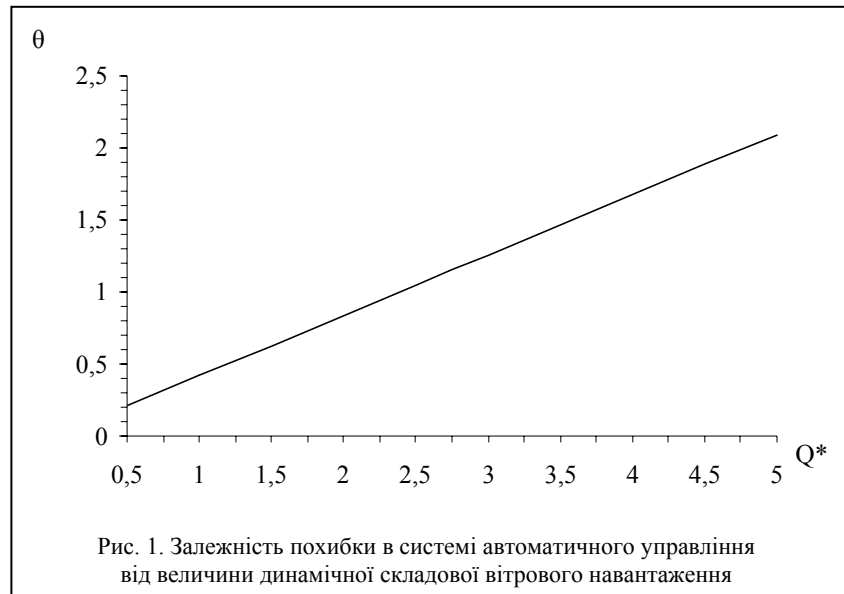


Рис. 1. Залежність похибки в системі автоматичного управління від величини динамічної складової вітрового навантаження

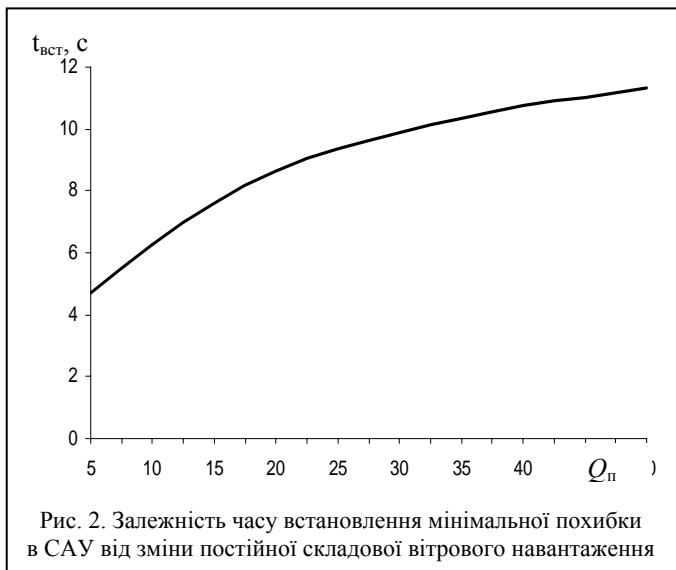
вітрового навантаження $Q_n = 10$; основна частота коливань вітрового навантаження $\omega_{вн} = \pi/6$; параметри об'єкта управління (a, b, c) відповідали висоті підйому антенної щогли $l = 30$ м. Результати моделювання приведені на рис. 1.

За результатами моделювання встановлено, що похибка неузгодженості θ в системі автоматичного управління прямо пропорційна величині динамічної складової вітрового навантаження Q^* , при цьому час її встановлення залишається незмінним $t_{вст} = \text{const}$.

Для встановлення залежності якості управління від постійної складової вітрового навантаження на вхід системи автоматичного управління подавалися різні значення постійної складової Q_n в межах $[5; 50]$. При цьому решта параметрів моделі, зокрема динамічної складової, залишалися постійними: динамічна складова вітрового навантаження $Q^* = 5$; основна частота коливань вітрового навантаження $\omega_{вн} = \pi/6$ і параметри об'єкта управління (a, b, c).

В результаті моделювання встановлено, що залежність часу встановлення мінімальної похибки в САУ від зміни постійної складової вітрового наван-

таження характеризується кривою, яка наведена на рис. 2. При цьому величина похибки неузгодженості θ в системі залишається постійною, $\theta = \text{const}$.

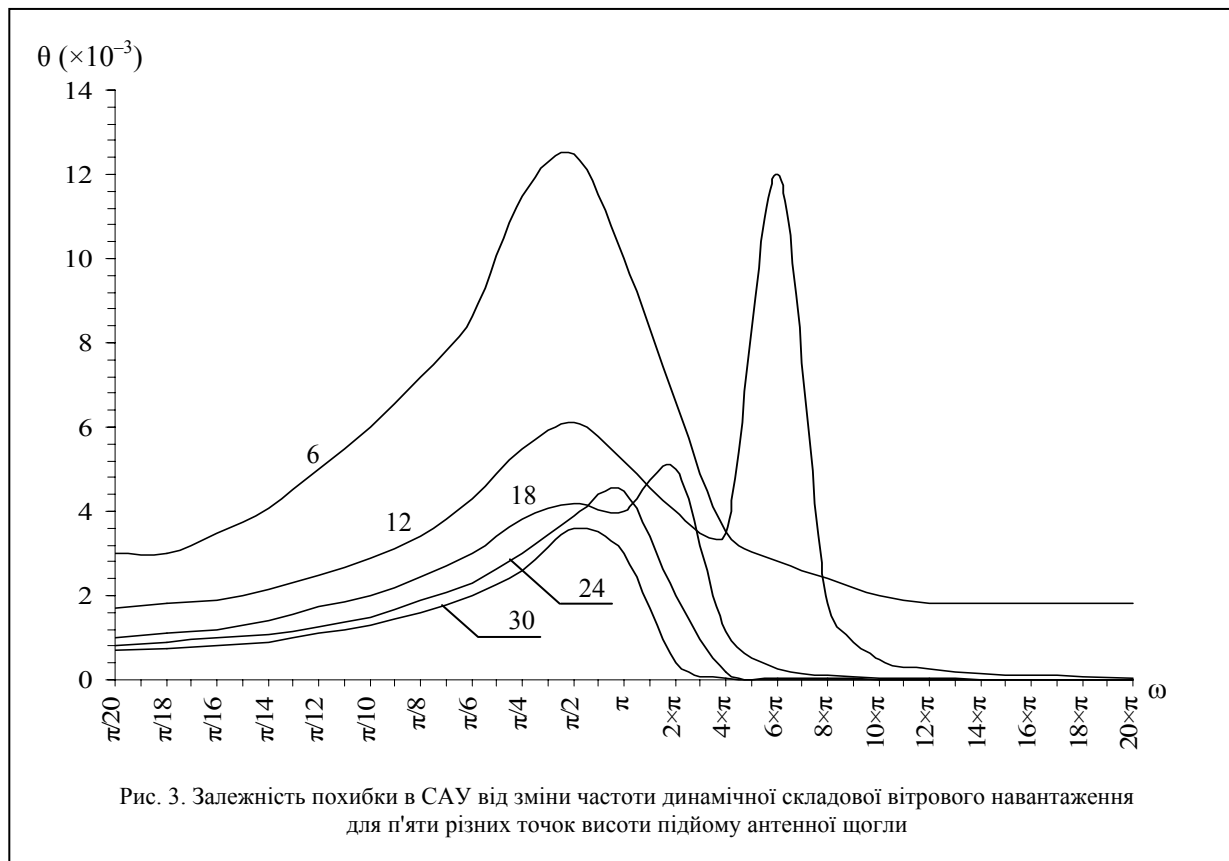


Для вивчення частотних властивостей моделі було проведено дослідження залежності похибки θ в системі автоматичного управління і часу її встанов-

лення $t_{\text{вст}}$ від зміни частоти вітрового навантаження $\omega_{\text{вн}}$. Моделювання проводилося при різних значеннях частоти динамічної складової вітрового навантаження в межах $[\pi/20; 20\pi]$. При цьому інші параметри моделі залишалися постійними величинами: динамічна складова вітрового навантаження $Q^* = 5$; постійна складова вітрового навантаження $Q_n = 10$; параметри об'єкта управління були вибрані також незмінними для п'яти фіксованих точок висоти підйому антенної щогли ($l_1 = 6$ м; $l_2 = 12$ м; $l_3 = 18$ м; $l_4 = 24$ м; $l_5 = 30$ м). Результати моделювання наведені на рис. 3.

Аналіз кривих на рис. 3 показує, що при підйомі антенної щогли існують критичні частоти вітрових навантажень при дії яких похибка в системі автоматичного управління різко зростає. При цьому для висот підйому $l_2 = 12$ м; $l_3 = 18$ м існують по два екстремуми, що говорить про існування двох критичних частот в системі.

Тому, при проектуванні реальної системи автоматичного управління підйомом антенної щогли необхідно враховувати критичні частоти системи, які змінюються з висотою підйому антенної щогли.



З метою визначення залежності якості роботи системи автоматичного управління від типів і параметрів різних функцій приналежності були використані трикутні в степені, експоненціальні, гаусові і дзвіноподібні функції приналежності (ФП) з різни-

ми коефіцієнтами стиснення – $c(c')$.

Найпоширенішими і найпростішими є трикутні функції приналежності. Математичний опис трикутних функцій приналежності зведених в степінь параметром c симетричних відносно абсциси $u = 0,5$

на єдиній універсальній множині $U = [0,1]$ має такий вигляд:

$$\mu^1(u; c) = (1-u)^c; \quad \mu^2(u; c) = u^c. \quad (1)$$

Іншими достатньо простими функціями приналежності є експоненціальні ФП. Їх математичний опис має вигляд:

$$\mu^1(u; c) = \exp(-cu); \quad \mu^2(u; c) = \exp[-c(1-u)]. \quad (2)$$

Аналітична модель гаусової ФП має вигляд:

$$\mu^1(u; c') = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{u}{c'}\right)^2\right];$$

$$\mu^2(u; c') = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{u-1}{c'}\right)^2\right]. \quad (3)$$

Зручний для використання математичний опис дзвіноподібної ФП може бути представлений наступними виразами:

$$\mu^1(u; c') = \frac{1}{1+\left(\frac{u}{c'}\right)^2}; \quad \mu^2(u; c') = \frac{1}{1+\left(\frac{u-1}{c'}\right)^2}. \quad (4)$$

При цьому, для кожного значення коефіцієнта стиснення (відповідно зміненої форми функції приналежності), проводилось настроювання параметрів нечіткого регулятора. Параметри елементів моделі САУ в процесі досліджень не змінювались: динамічна складова вітрового навантаження $Q^* = 5$; постійна складова вітрового навантаження $Q_n = 10$; основна частота динамічної складової вітрового навантаження $\omega_{вн} = \pi/2$. Параметри об'єкта управління вибрані для висоти підйому антенної щогли $l = 30$ м також були незмінними.

На рис. 4 представлені результати моделювання роботи системи автоматичного управління підйомом антенної щогли для різних типів ФП з різними коефіцієнтами стиснення $-c(c')$.

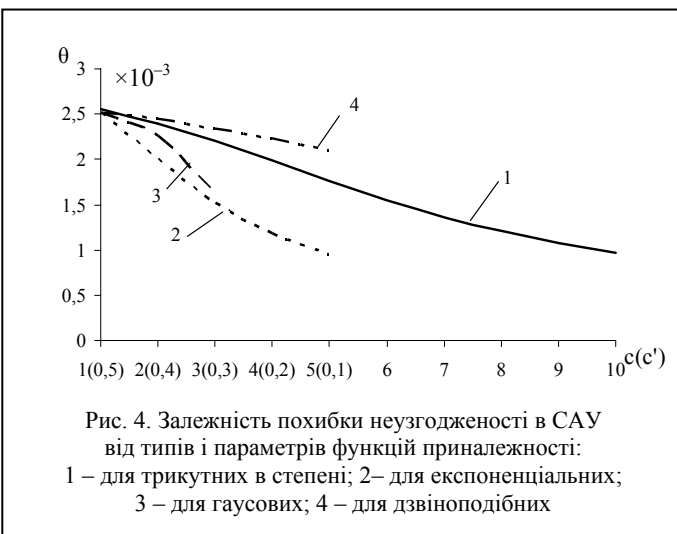


Рис. 4. Залежність похибки неузгодженості в САУ від типів і параметрів функцій приналежності: 1 – для трикутних в степені; 2 – для експоненціальних; 3 – для гаусових; 4 – для дзвіноподібних

Аналіз кривих 1 – 4 свідчить, що найменші значення похибка в САУ приймає при використанні трикутних в степені і експоненціальних функцій приналежності. Тому для побудови нечітких регуляторів більш доцільно використання саме цих функцій приналежності.

Виявока

Дослідження системи автоматичного управління нестационарними об'єктами з перестроюваним нечітким регулятором методом математичного моделювання показує, що він (НР) забезпечує високу якість управління в широкому діапазоні зміни параметрів збурюючих впливів.

Для побудови нечіткого регулятора, як свідчать результати моделювання, доцільно використовувати трикутні в степені та експоненціальні функції приналежності.

Система автоматичного управління з достатньо високою точністю відпрацьовує забезпечення просторового положення антенної щогли під час її вертикального підйому. Але при проектуванні як об'єкта управління так і САУ, необхідно враховувати вплив динамічної та постійної складових вітрового навантаження разом з частотними властивостями системи.

Спижюк літературия

1. Дорф Р., Бишоп Р. *Современные системы управления*. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 832 с.
2. Гостев В.И. *Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления*. – К.: Радиоаматор, 2005. – 708 с.
3. Гостев В.И., Стеклов В.К. *Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами*. – К.: Радиоаматор, 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. Симонова 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. Кір'янов Д.В. *Модель цифрового нечіткого регулятора САУ нестационарними об'єктами управління // Системи обробки інформації*. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 6 (55). – С. 106-110.

Надійшла до редколегії 7.08.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.Г. Савенко, Полтавський національний технічний університет, Полтава.