

УДК 62-55.681.515

Д.В. КІР'ЯНОВ

*Полтавський військовий інститут зв'язку, Україна***МОДЕЛЬ САУ ДЛЯ ПІДЙОМУ АНТЕННОЇ ЩОГЛИ В УМОВАХ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА**

Розроблено модель системи автоматичного управління (САУ) для підйому антенної щогли на основі цифрового нечіткого регулятора. Представлено результати моделювання роботи каналу САУ в умовах динамічних вітрових навантажень. Досліджена залежність якості роботи системи від настроювання нечіткого регулятора.

система автоматичного управління, канал регулювання, цифровий нечіткий регулятор, похибка неузгодженості

Вступ

Постановка проблеми. 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 (САУ). Така система є істотно нелінійною і нестационарною, тому синтез регулятора, який забезпечує якісну роботу такої САУ, є достатньо складним завданням [1].

Аналіз літератури. Системи автоматичного управління з цифровими регуляторами достатньо докладно описані [2]. Синтез цифрових нечітких регуляторів наведено в [1]. Проте завдання синтезу регулятора САУ для об'єктів управління зі змінними параметрами є досить актуальним.

Метою статті є розробка та дослідження роботи системи автоматичного управління для підйому антенної щогли в умовах динамічних вітрових навантажень. В даній роботі це завдання вирішено шляхом розділення системи управління на дві системи автоматичного регулювання (САР), кожна з

яких здійснює регулювання в своїй вертикальній площині та застосування в кожному з каналів САР цифрового нечіткого регулятора. В роботі запропоновано модель САУ для вітростійкого підйому антенної щогли і проведено дослідження системи автоматичного регулювання з цифровим нечітким регулятором методом математичного моделювання в інтерактивній системі MATLAB. Внаслідок цього отримано модель каналу САР з цифровим нечітким регулятором з компенсацією впливу вітрового навантаження на якість підйому антенної щогли.

Рішення задачі

Система автоматичного управління складається з двох автономних систем автоматичного регулювання положення антенної щогли під час підйому, що працюють в двох взаємно перпендикулярних вертикальних площинах A_1-O-A_2 та A_3-O-A_4 , де O – точка закріплення тросів на верхівці антенної щогли; A_n – точки закріплення виконавчих механізмів на поверхні землі. Спрощену структурну схему САР положення антенної щогли в площині A_1-O-A_2 , що складається з двох каналів регулювання (K_1, K_2) представлено на рис. 1.

Кожен з каналів регулювання (K_1, K_2) містить в собі виконавчий механізм (ВМ) і датчик натягу

тросу (ДН). При підйомі антенної щогли дія сили вітру $Q(t)$ на щоглу спричиняє динамічне навантаження на один з виконавчих механізмів (з навітряної сторони), наприклад, BM_1 . Внаслідок дії динамічного навантаження щогла відхиляється від вертикального положення в площині A_1-O-A_2 (в площині виконавчих механізмів BM_1-BM_2).

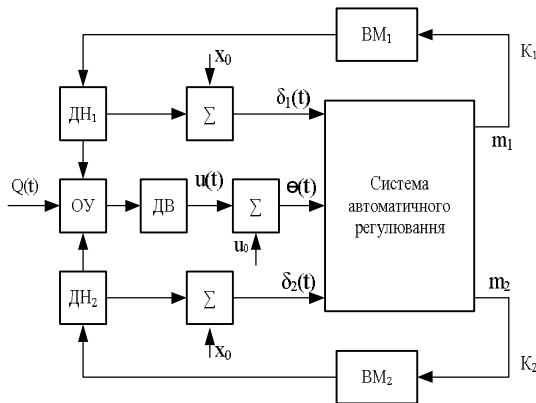


Рис. 1. Структурна схема системи автоматичного регулювання положення антенної щогли

Датчик вертикальності (ДВ) реєструє просторове положення верхівки антенної щогли $u(t)$ в даній площині. Він подається на вхід суматора Σ_1 , де зрівнюється з опорним сигналом u_0 і утворює похибку просторового положення $\theta(t)$.

У випадку навантаженої роботи виконавчий механізм BM_1 буде визначати просторове положення антенної щогли, тобто система автоматичного регулювання по першому виходу виробляє керуючий вплив m_1 в першому каналі регулювання (K_1) на підставі інформації про похибку просторового положення $\theta(t)$. Датчик натягу $ДН_1$ має максимальний натяг при навантаженій роботі BM_1 , і в такому випадку його покази не використовуються в системі регулювання.

Виконавчий механізм BM_2 працюватиме в ненавантаженому режимі. В якості вхідного сигналу в другому каналі регулювання використовується інформація з датчика натягу $ДН_2$, тобто похибка неузгодженості $\delta_2(t)$ швидкості ω_2 обертання двигуна виконавчого механізму BM_2 відносно швидкості підйому антенної щогли $V_{щ}$.

Спрощену структурну схему навантаженого каналу регулювання (K_1) зображено на рис. 2.

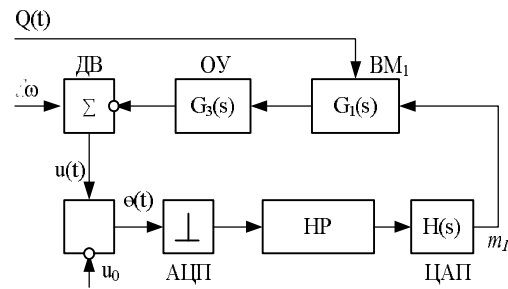


Рис. 2. Спрощена структурна схема навантаженого каналу регулювання

Похибка просторового положення антенної щогли $\theta(t)$ складається з двох основних складових:

$$\theta(t) = \theta_{\omega}(t) + \theta_Q(t), \quad (1)$$

де $\theta_{\omega}(t)$ – похибка просторового положення, викликана зміною швидкості обертання двигуна ω_1 виконавчого механізму BM_1 від висоти (H) підйому антенної щогли – $d\omega(H)$;

$\theta_Q(t)$ – похибка просторового положення, викликана зміною швидкості обертання ω_1 двигуна виконавчого механізму BM_1 під дією динамічного вітрового навантаження $Q(t)$.

Завданням цифрового нечіткого регулятора в навантаженому каналі є компенсація похибки просторового положення антенної щогли $\theta(t)$.

Математична модель навантаженого каналу регулювання САР положення антенної щогли під час підйому складено в інтерактивній системі MATLAB і представлено на рис. 3. Вона включає в себе такі блоки: блок імітації вітрового навантаження (Wind), блок імітації зміни швидкості BM_1 (Speed), блок нечіткого регулятора (Fuzzy-controller1), блок виконавчого механізму (Vm1), датчик вертикальності щогли (Dv) та блок об'єкту управління – антенну щоглу (Mat).

Імітація вітрового навантаження на виконавчий механізм здійснюється блоком Wind. За допомогою блоку Wind імітувалось зростання динамічного вітрового навантаження з збільшенням висоти (H) підйому щогли: від $0,1Q_{\max}$ до Q_{\max} . При моделюванні використовувались коливання

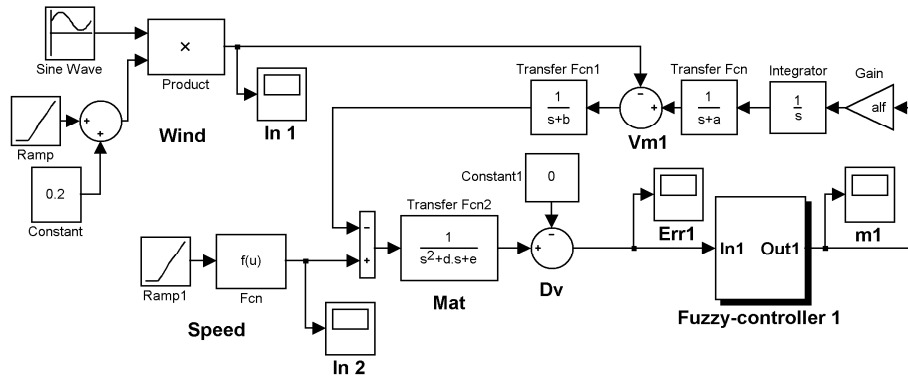


Рис. 3. Математична модель навантаженого каналу автоматичного регулювання

вітрового навантаження з амплітудою $0,5Q$ та з періодом $\pi/10$.

Блок виконавчого механізму Vm1 (електричний двигун постійного струму) задано передавальною функцією [3]:

$$G_1(s) = \frac{1}{s(s+a)(s+b)}. \quad (2)$$

Для побудови нечіткого регулятора використана структурна схема нечіткого регулятора, наведена в [1] на стор.79. Нечіткий регулятор потребує настройки для певного вхідного впливу $Q(t)$. Вхідними лінгвістичними змінними цифрового нечіткого регулятора є похибка системи – θ , швидкість зміни (перша похідна) похибки – $\dot{\theta}$, прискорення (друга похідна) похибки – $\ddot{\theta}$, вихідною лінгвістичною змінною є керований вплив на об'єкт управління – $m1$.

Коливальний характер антенної щогли з тросовою відтяжкою як об'єкта управління (блок Mat) задано передавальною функцією [4]:

$$G_3(s) = \frac{1}{s^2 + ds + e}. \quad (3)$$

Моделювання роботи каналу регулювання проведено протягом 200 с. Крок моделювання дорівнює кроку дискретизації регулятора $h_0 = h_1 = 0,01$ с. Вихідними даними для настройки системи автоматичного регулювання було взято:

$$a = 3; b = 5; d = 3; e = 5; alf = 1,5.$$

В якості функцій приналежності для цифрового нечіткого регулятора вибрано дві експоненціальні функції приналежності типу:

$$\mu^1(x) = \exp(-cu),$$

$$\mu^2(x) = \exp(-c(1-u)), \quad (4)$$

де c – коефіцієнт концентрації функції приналежності.

Процеси в каналі автоматичного регулювання відображаються на індикаторах: In 1 – імітація вітрового навантаження $Q(t)$; In 2 – похибка неузгодженості $d\omega(H)$; Err1 – похибка просторового положення $\theta(t)$ антенної щогли; m1 – керований вплив з виходу регулятора (рис. 4).

На першому кроці досліджень на вхід системи імітувалась подача динамічного вітрового навантаження від $0,1Q(t)_{max}$ до $Q(t)_{max}$ з збільшенням на $0,1Q$ і проводилось настроювання параметрів A_1, B_1, C_1, D_1 , де $A_1 = \pm\theta_{max}$; $B_1 = \pm\dot{\theta}_{max}$; $C_1 = \pm\ddot{\theta}_{max}$; $D_1 = \pm m_{max}$. У другому кроці були вибрані значення параметрів A_1, B_1, C_1, D_1 , які можуть забезпечити якість регулювання похибки в каналі в усьому діапазоні зміни динамічного навантаження. На третьому кроці було проведено моделювання роботи каналу регулювання з вибраними значеннями параметрів. Якщо в цьому випадку похибка в каналі регулювання перевищувала задану величину – проводилось корегування параметрів і виконувався третій крок.

Дослідження каналу системи автоматичного регулювання для підйому антенної щогли з цифровим нечітким регулятором методом математичного моделювання показує, що нечіткий регулятор забезпечує достатньо високу якість регулювання в широкому діапазоні зміни динамічних вітрових

навантажень.

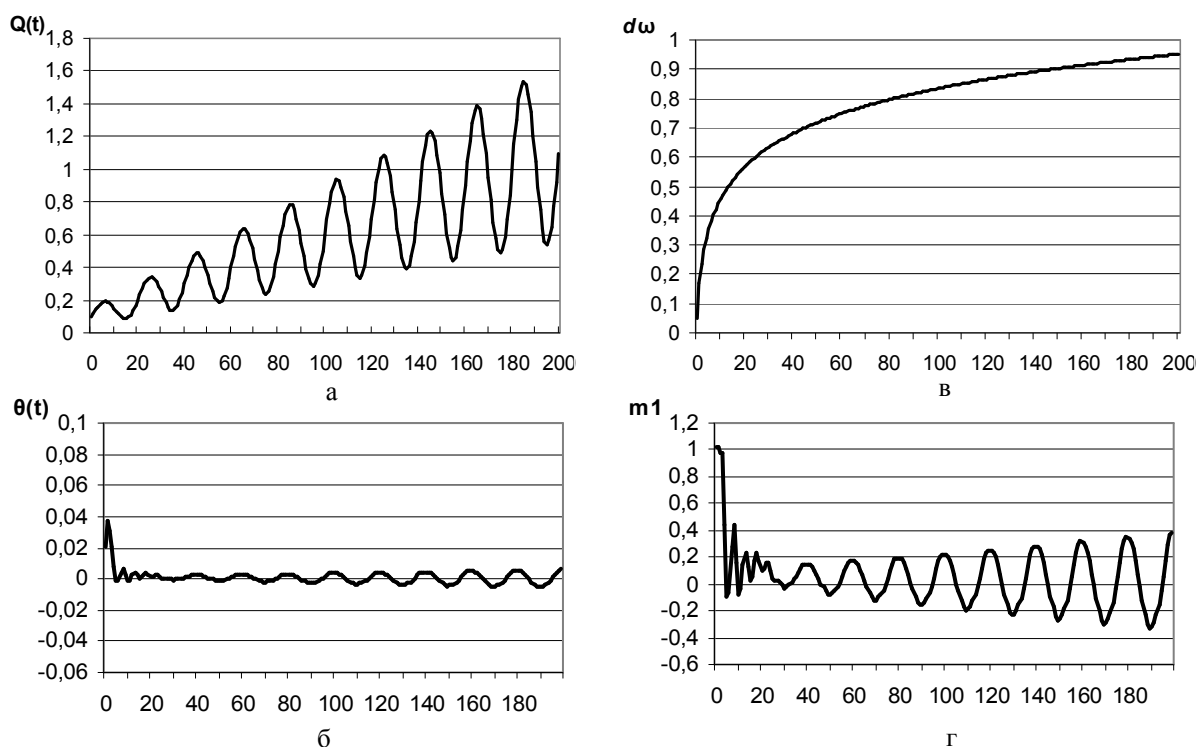


Рис. 4. Процеси в навантаженому каналі САУ: а – вітрове навантаження $Q(t)$; б – похибка просторового положення $\theta(t)$; в – зміна швидкості обертання $d\omega$ виконавчого механізму $Vm1$; г – керований вплив з виходу регулятора $m1$

Найкращі значення похибки просторового положення антенної щогли $\theta(t)$ отримано при наступних значеннях параметрів настроювання регулятора:

$$A_1=0,02; B_1=0,2; C_1=100; D_1=2.$$

За результатами моделювання при зростанні вітрового навантаження в 10 разів значення похибки просторового положення $\theta(t)$ зростає в 2,5 рази (від $\theta_{\min}=2,4 \times 10^{-3}$ до $\theta_{\max}=6 \times 10^{-3}$).

Висновки

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 нечіткого регулятора. Тому побудова системи автоматичного управління для підйому антенної щогли на базі запропонованої моделі є доцільною та перспективною.

Література

1. Гостев В.И. Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления. – К.: Радиоаматор, 2005. – 708 с.
2. Гостев В.И., Стеклов В.К. Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами. – К.: Радиоаматор, 1998. – 704 с.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 832 с.
4. Савицкий Г.К. Основы проектирования антенных конструкций. – М.: Связь, 1973. – 112 с.
5. Дэбни Дж., Харман Т. Simulink 4. Секреты мастерства. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.

Поступила 28.02.2006

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