

УДК 681.5.034.3

**ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЗАМКНУТОЇ САР ТЕМПЕРАТУРОЮ
ШАФИ ХОЛОДИЛЬНИКА ПО КРИТЕРІЮ МИХАЙЛОВА
З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЛАВ**

П.С. МАЙДАН, Е.О. ЗОЛОТЕНКО

Хмельницький національний університет

Під стійкістю систем автоматичного регулювання (САР) в загальному випадку розуміють [1, 2] її властивість повертатися в початкове (або близьке до того) положення після зникнення дії факторів (збуджень), які вивели систему із стану початкової рівноваги. Стійкість системи є необхідною умовою здатності САР вирішувати поставлені перед нею завдання.

Відомо [3, 4], що при виведенні рівняння замкнутої САР в багатьох випадках використовується лінеаризація нелінійних залежностей за допомогою ряду Тейлора. Виведене таким чином рівняння називається рівнянням першого наближення.

Існують два основних види критеріїв стійкості: алгебраїчні та частотні.

До частотних критеріїв стійкості САР відносять: Михайлова, Найквіста, метод D-розбиття та інші.

Формула критерію Найквіста: для стійкості замкнутої лінійної САР необхідно і достатньо, щоб при русі точки N вздовж амплітудно-фазової частотної характеристики розімкнутої системи при зміні ω від 0 до $+\infty$ вектор CN, початок якого лежить у точці C з координатами $\{-1, j0\}$, повернувся на кут:

$$\varphi_{CN} = (n - n_1 + 2m) \frac{\pi}{2}, \quad (1)$$

де n , n_1 – відповідно степені характеристичних рівнянь замкнутої і розімкнутої систем;

m – кількість додатних коренів у характеристичному рівнянні розімкнутої системи.

САР температури шафи холодильника описується наступним рівнянням:

$$W(p) = \frac{k_p}{(\tau_{xm} \cdot p + 1) \cdot (T_{ш} \cdot p + 1) \cdot (T_{\delta} \cdot p + 1)}, \quad (2)$$

де τ_{xm} – час запізнення спрацювання холодильної машини, $\tau_{xm}=0,004$ [с];

$T_{ш}$ – стала часу шафи, $T_{ш}=0,01$ [с];

T_{δ} – стала часу пневмодатчика, $T_{\delta}=0,003$ [с];

k_p – коефіцієнт передачі розімкнутої системи, $k_p=350$ [4].

Для одержання амплітудно-фазово-частотних характеристик (АФЧХ) конкретної САР слід використовувати можливості програмування файлу-сценарію [5]. Відповідний скрипт для файлу САР матиме наступний вигляд:

% Введення передаточних функцій блоків

W1=tf([0.000084 0.0049 0.7], [0.00000012 0.000082 0.017 351])

% Передаточна функція САР по задаючому впливу у мінімальній реалізації

Wekv= minreal(W1)

% Приведення передаточної функції до стандартної форми запису

[cisl,znam]=tfdata(Wekv,'v'); n=length(znam);

Wekv=tf(cisl/znam(n),znam/znam(n))

% Одержання значень $W(j\omega)$ у вигляді одномірного масиву при зміні частоти від 0.1 до 900 рад/с

w=linspace(0.1,900,400000); W=freqresp(Wekv,w); W=W(:);

% Побудова осей координат і АФЧХ із анімацією

plot(real(W),imag(W),'w'); xlabel('P(w)'); ylabel('jq(w)'); title('АФЧХ');

*dx=1.1; x1=dx*min(real(W)); x2=dx*max(real(W)); y1=dx*min(imag(W));*

y2=50;

line([x1 x2],[0 0],'Color','k','Linewidth',2); line([0 0],[y1 y2],'Color','k','Linewidth',2)

grid on; hold on; comet(real(W),imag(W),0);

plot(real(W),imag(W),'b','Linewidth',3)

Transfer function:

$$8.4e-005 s^2 + 0.0049 s + 0.7$$

$$1.2e-007 s^3 + 8.2e-005 s^2 + 0.017 s + 351$$

Transfer function:

$$700 s^2 + 4.083e004 s + 5.833e006$$

$$s^3 + 683.3 s^2 + 1.417e005 s + 2.925e009$$

Transfer function:

$$2.393e-007 s^2 + 1.396e-005 s + 0.001994$$

$$3.419e-010 s^3 + 2.336e-007 s^2 + 4.843e-005 s + 1$$

Тут функція $\omega=linspace(a,b,n)$ формує лінійний масив рівновіддалених значень частоти розміру $1 \times n$, початковим і кінцевим елементами якого є точки a і b . Функція $W=freqresp(sys,w)$ формує на сітці частот ω тримірний масив значень функції комплексної змінної $W(j\omega)$. Це пов'язане з тим, що вона застосовна і для багатомірних моделей (з декількома входами і виходами), $W(j\omega)$ яких представляє собою матрицю. Перші два індекси позначають рядок і стовпець у цій матриці, а третій – номер точки АФЧХ. Для системи з одним входом і одним виходом зручно перетворити тримірний масив в одномірний командою $W=W(:)$. Функція *comet* служить для анімації представлення результатів розрахунків. Результуюча АФЧХ матиме вигляд, наведений на рис. 1.

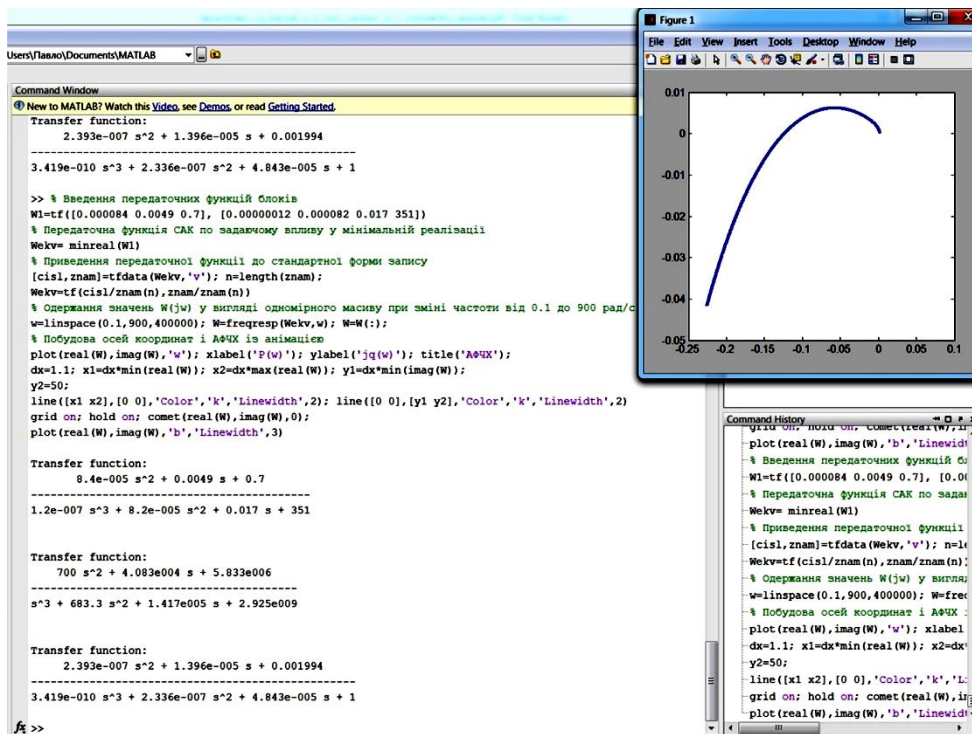


Рис. 1. АФЧХ САР, отримана після виконання файлу-сценарію

АФЧХ замкнутої системи обертається проти годинникової стрілки та не охоплює точку $\{-1; j0\}$ на комплексній площині. Отже, замкнута система стійка.

Література

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 1997. – 544с.
2. Власов К.П. Теория автоматического управления. Учебное пособие. – Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007. – 526 с.
3. Теорія автоматичного керування. Конспект лекцій для студентів спеціальності „Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування” / Г.Ф.Воронін. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 50 с.
4. Гниденко А. В. Разработка архитектуры экспертной системы оценки качества чертежей конструкций одежды / А. В. Гниденко, Л. П. Юдина, В. Е. Кузьмичев // Швейная промышленность. – 2007. – № 5. – С. 52–54.
5. Оцінка стійкості замкнутої системи автоматичного регулювання за допомогою частотних критеріїв / П.С. Майдан, Г.Ф. Воронін, Е.О. Золотенко, А.В. Буряк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 6. – С. 42-50.
6. Борисевич А.В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 200 с.