

# РЕАЛІЗАЦІЯ КРИТЕРІЮ АБСОЛЮТНОЇ СТІЙКОСТІ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ В.М. ПОПОВА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

*Приймак Б.І., ст. викладач, к.т.н, Підгасць А.П., студент  
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** У всьому світі система MATLAB широко використовується в наукових дослідженнях та в навчальному процесі при вивченні багатьох дисциплін. Зокрема тих дисциплін, що стосуються теорії систем автоматичного керування (САК). Як відомо, методи класичної теорії лінійних САК в середовищі MATLAB реалізовані повністю або майже повністю. Проте методи теорії нелінійних САК в системі MATLAB на сьогодні представлені істотно менше, що вимагає поліпшення цього становища.

**Мета роботи.** Метою роботи є створення в середовищі MATLAB програми, яка визначає абсолютну стійкість нелінійних САК за критерієм В.М. Пóпова.

**Програма реалізації критерію В.М. Пóпова.** При написанні програми було обмежено клас досліджуваних систем такими, де нелінійності є однозначними, а лінійні частини є стійкими. Це дозволило не розглядати варіант лінійних частин систем з нульовими та правими полюсами, де застосування критерію вимагає введення фіктивного зворотного зв'язку [1]. У підсумку зазначене обмеження дозволило спростити програму, зважаючи на те, що це її перша версія.

Формулювання критерію є наступним [1]: нелінійна система абсолютно стійка, якщо в площині модифікованої частотної характеристики лінійної частини  $W_n^*(j\omega) = U + jV^*$  можна провести пряму Пóпова так, щоб крива Пóпова була праворуч від неї. При цьому крива Пóпова отримується із звичайної амплітудно-фазової частотної характеристики лінійної частини  $W_n(j\omega)$  при перемноженні її уявної частини на частоту  $\omega$ . А прямою Пóпова є пряма, що проходить через точку з абсцисою  $-1/k$ , де коефіцієнт  $k$  задає сектор  $S[0, k]$  розташування класу нелінійностей.

Блок-схема алгоритму програми представлена на рис. 1. В цій схемі у блоці 1 вводяться вихідні дані: передатна функція лінійної частини  $W_n(p)$  та коефіцієнт  $k$ . В блоці 2 визначається дійсна частина частотної характеристики  $U(\omega) = \text{Re}[W_n(j\omega)]$ . В блоці 3 визначається модифікована уявна частина передаточної функції  $V^*(\omega) = \omega \text{Im}[W_n(j\omega)]$ . Далі у блоці 4 організується цикл обчислень за частотою при зміні  $\omega$  від 0 до  $100 \text{ c}^{-1}$ . При виконанні умови  $U(\omega) > (-1/k)$  в блоці 5 переходимо до блоку 6, а в протилежному випадку - до блоку 7. В блоці 6 обчислюється кут  $\varphi$  за формулою  $\varphi = \arctg(V/(U + 1/k))$ . При виконанні умови  $V(\omega) \geq 0$  в блоці 7 переходимо до блоку 8, а в протилежному випадку - до блоку 9, де кут  $\varphi$  обчислюється за формулами

$\varphi = \arctg(V/(U+1/k)) + \pi$  та  $\varphi = \arctg(V/(U+1/k)) - \pi$  відповідно. У блоці 10 визначається максимальне  $\varphi_{\max}$  та мінімальне  $\varphi_{\min}$  значення кута  $\varphi$ . Якщо в блоці 11 виконується умова  $\varphi_{\max} - \varphi_{\min} \leq \pi$ , то переходимо до блоку 12, де будується графік з кривою та прямою Пóпова, а також виводиться повідомлення "Абсолютна стійкість системи підтверджується". У протилежному разі переходимо до блоку 13, де будується графік з кривою та прямою Пóпова, а також виводиться повідомлення "Абсолютна стійкість системи не підтверджується".

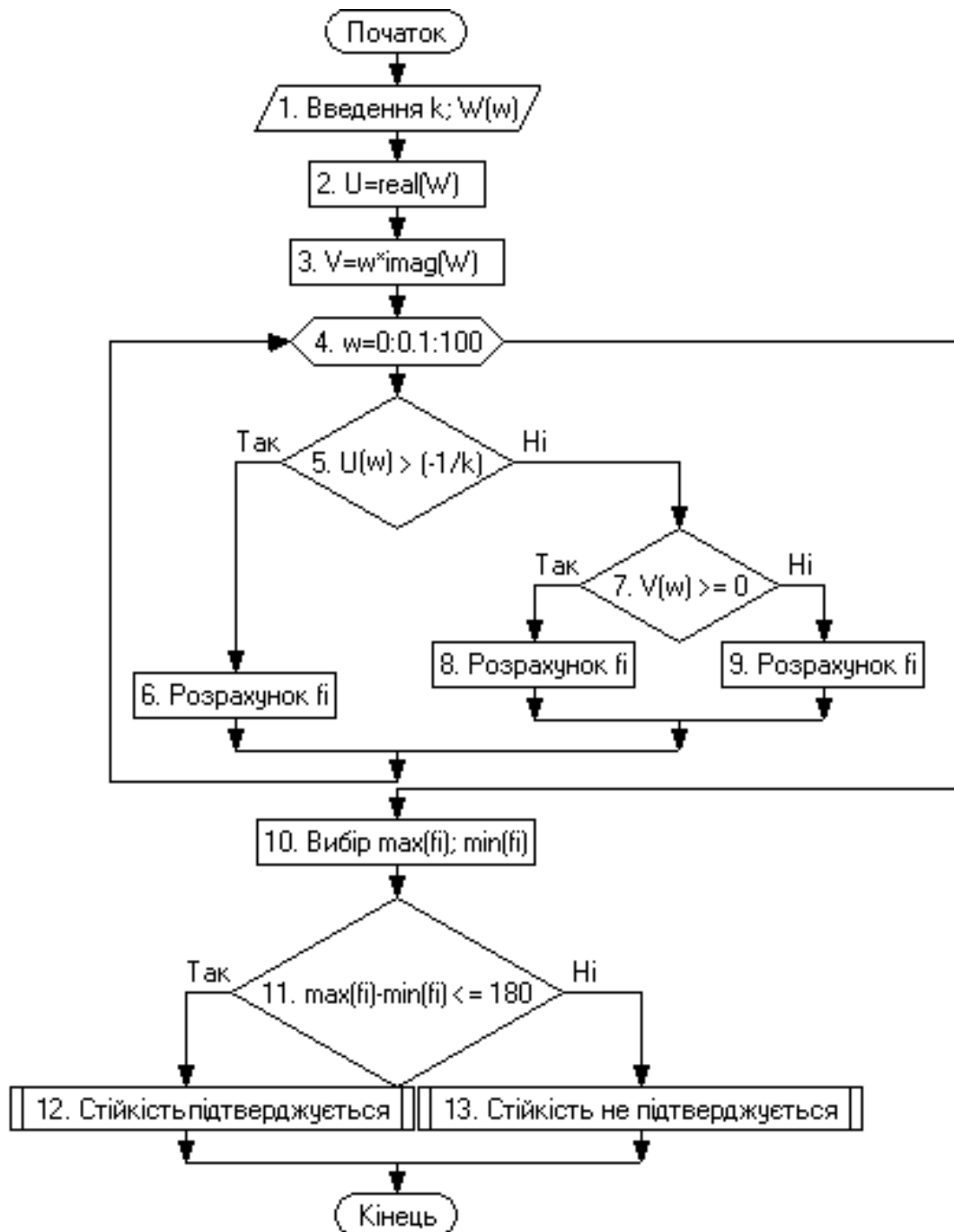


Рис. 1 Блок-схема алгоритму програми

Розглянемо приклад функціонування програми реалізації критерію Попова. З цією метою визначимо умови абсолютної стійкості для нелінійної системи, структура якої зображена на рис. 2. Параметри САК дорівнюють:  $T_1 = 5c$ ;  $T_2 = 1,25c$ ;  $\xi_1 = 0,5$ ;  $\xi_2 = 0,05$ ;  $k_0 = 4$ .

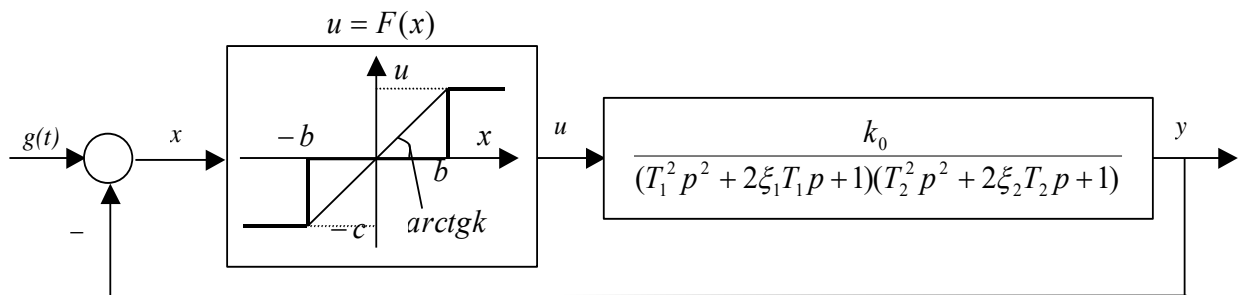


Рис. 2 Структурна схема нелінійної САК

При  $k = 0,5$  програма підтверджує абсолютну стійкість досліджуваної нелінійної САК. Вигляд діалогових вікон для цього випадку зображено на рис.3,4.

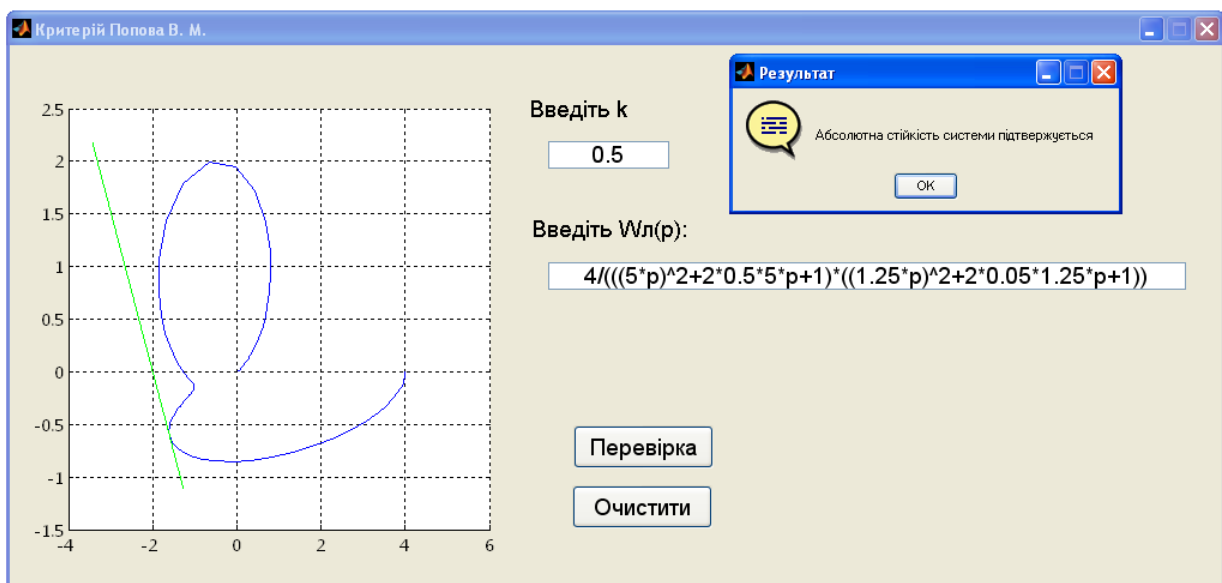


Рис. 3 Вигляд діалогового вікна при підтвердженні абсолютної стійкості

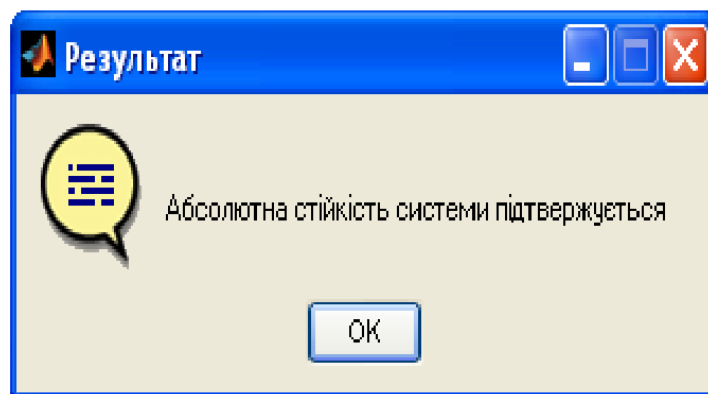


Рис. 4 Діалогове вікно “Абсолютна стійкість системи підтверджується”

При  $k = 1$  програма не підтверджує абсолютну стійкість досліджуваної нелінійної САК. Вигляд діалогових вікон для цього випадку зображено на рис.5,6.

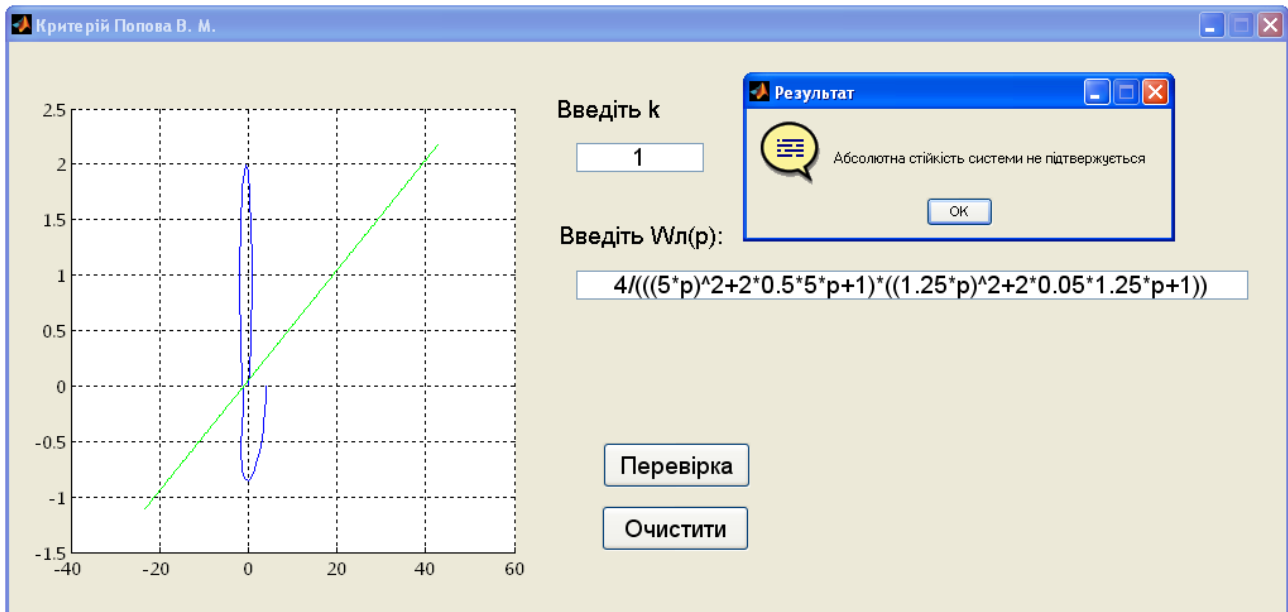


Рис. 5 Вигляд діалогового вікна при не підтверженні абсолютної стійкості

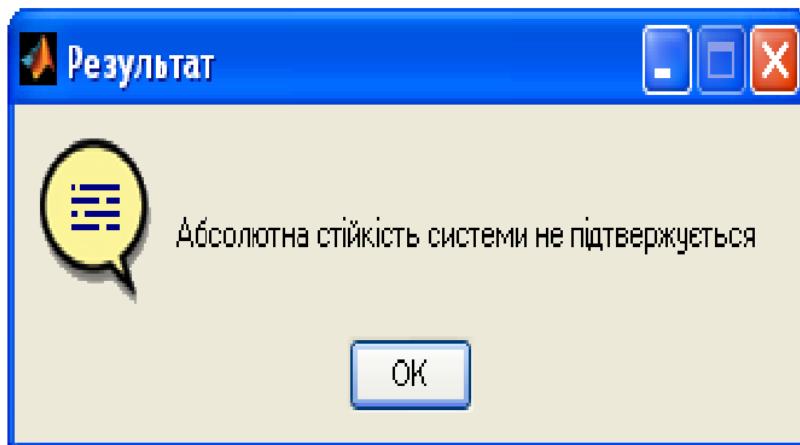


Рис. 6 Діалогове вікно “Абсолютна стійкість системи не підтверджується”

**Підсумки.** В середовищі MATLAB написана програма для визначення абсолютної стійкості нелінійних САК за критерієм В.М. Попова. Ця програма може бути корисною як у навчальному процесі, так і в наукових дослідженнях у відповідних галузях. Встановлені тут обмеження на клас досліджуваних систем планується зняти в наступних версіях програми.

#### Література

1. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування : підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. / М.Г.Попович, О.В. Ковальчук.– К. : Либідь, 2007.– 656 с.