

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ЛІНІЙНИХ САК

**Бур'ян С.О., асистент; Макарчук О.М., студент**

*кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

Дане програмне забезпечення використовується для точного розрахунку лінійних САК різноманітними критеріями стійкості за допомогою ЕОМ та програмного пакету MATLAB.

У програмі застосовуються такі критерії стійкості: Гурвіца, Михайлова, Найквіста, Найквіста в логарифмічній формі, D-розбиття та визначення стійкості за коренями характеристичного рівняння.

Алгебричний критерій Гурвіца полягає у побудові матриці Гурвіца та визначенні її визначників.

Визначення стійкості за коренями характеристичного рівняння полягає у знаходженні коренів характеристичного рівняння та їх аналізу.

Критерій Михайлова є досить зручним для аналізу лінійних САК, особливо високого порядку ( $n > 4$ ). Оцінка стійкості системи за даним критерієм виконується на основі годографа Михайлова.

Метод D-розбиття особливо важливий, коли потрібно встановити вплив окремих параметрів на стійкість системи за фіксованих значень інших параметрів. При цьому встановлюються зони параметрів, у яких їхня зміна не призводить до нестійкої роботи системи.

Особливістю критерію Найквіста є те, що він дає змогу оцінювати динамічні властивості замкнутих систем за частотними характеристиками динаміки відповідних розімкнутих систем та досліджувати динамічні властивості замкнутої системи за відсутності рівнянь динаміки системи або її окремих елементів.

За критерієм стійкості Найквіста в логарифмічній формі про стійкість системи можна судити за взаємним розташуванням амплітудної і фазової частотних характеристик відповідної розімкненої системи.

Для прикладу роботи даної програми проведемо аналогію аналізу обчислення характеристичного рівняння у пакеті MathCad та MATLAB.

У пакеті MathCad

1) Перед початком роботи приведемо характеристичне рівняння до канонічного вигляду:

$$0.1T_y p^4 + (0.7T_y + 0.1)p^3 + (9T_y + 20T_x + 0.7)p^2 + (16T_y + 9)p + 16 = 0 \quad (1)$$

2) Зробимо підстановку  $P = j \cdot \omega$  у рівняння (1). Виділимо реальну та уявну частини. Замість рівняння запишемо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} -20T_x w^2 + T(0.1w^4 - 9w^2) &= 0.7w^2 - 16 \\ 0 + T_y(-0.7w^3 + 16w) &= 0.1w^3 - 9w \end{aligned} \quad (2)$$

3) Вирішимо дану систему відносно параметрів  $T_x$  та  $T_y$

$$\Delta = \begin{vmatrix} -20w^2 & 0.1w^4 - 9w^2 \\ 0 & -0.7w^3 + 16w \end{vmatrix} = 14w^5 - 320w^3$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0.7w^2 - 16 & 0.1w^4 - 9w^2 \\ 0.1w^3 - 9w & -0.7w^3 + 16w \end{vmatrix} = -0.01w^7 + 1.31w^5 - 58.6w^3 - 256w$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} -20w^2 & 0.7w^2 - 16 \\ 0 & 0.1w^3 - 9w \end{vmatrix} = 2w^5 + 180w^3$$

$$T_x = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-0.01w^6 + 1.31w^4 - 58.6w^2 - 256}{14w^4 - 320w^2}$$

$$T_y = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{w^2 + 90}{7w^2 - 160}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 1:

Таблиця 1

$\omega$	0.001	0.5	1	1.5	2	2.5
$T_x$	8e5	3.42	1.025	0.588	0.446	0.395
$T_y$	-0.563	-0.57	-0.595	-0.639	-0.712	-0.827

Продовження таблиці 1

$\omega$	3	3.5	4	4.5
$T_x$	0.392	0.436	0.582	1.304
$T_y$	-1.018	-1.371	-2.189	-5.875

Продовження таблиці 1

$\omega$	5	5.5	6	6.5	7	7.5
$T_x$	-1.411	-0.353	-0.171	-0.1	-0.065	-0.045
$T_y$	7.667	2.324	1.37	0.974	0.76	0.626

Продолжение таблицы 1

$\omega$	8	8.5	9	9.5	10
$T_x$	-0.034	-0.028	-0.026	-0.026	-0.028
$T_y$	0.535	0.469	0.42	0.382	0.352

По даним таблиці 1 на рис.1 побудована крива D-розбиття.

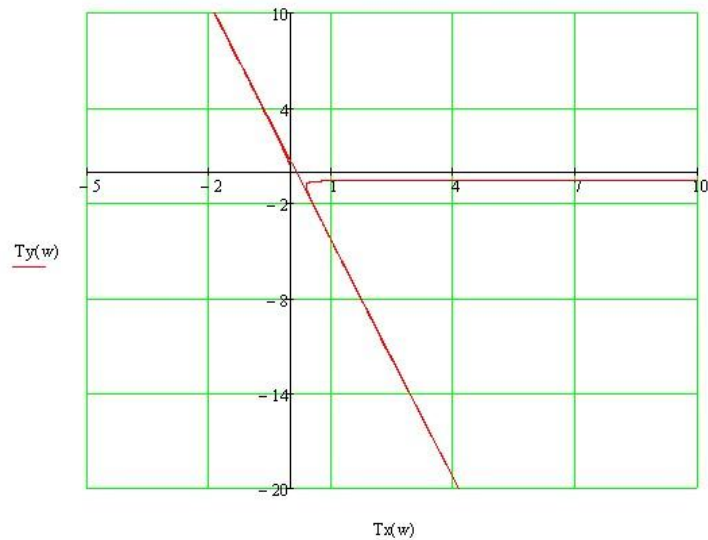


Рисунок 1

У пакеті MATLAB розрахунок програми проходить у такій послідовності:

1) У командному вікні запускаємо програму командою **tay2easy** (Рисунок 2).

Відкривається основне меню програми, у якому переходимо до:

Частотні критерії (Рисунок 3) > метод D-розбиття (Рисунок 4).

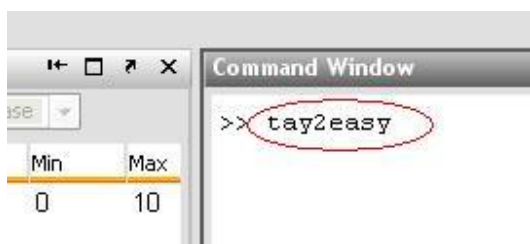


Рисунок 2

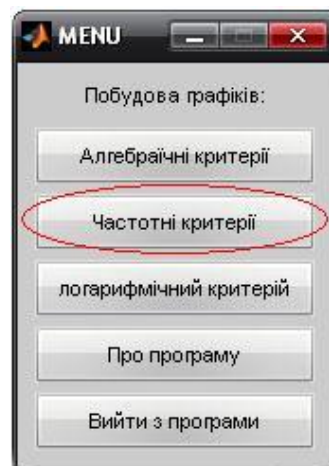


Рисунок 3

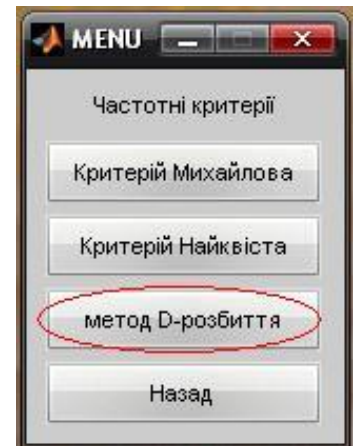


Рисунок 4

2) Із рівняння (1), записаного в канонічному вигляді, заповнюємо потрібні колонки  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $R$  у вигляді:

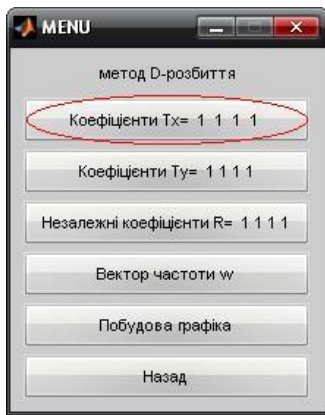
Для  $T_x$ :  $[20 \ 0 \ 0]$  (Рисунок 5)

Для  $T_y$ :  $[0.1 \ 0.7 \ 9 \ 16 \ 0]$

Для  $R$ :  $[0.1 \ 0.7 \ 9 \ 16]$

Тут  $R$  – вільний член, що не залежить від коефіцієнтів  $T_x$  та  $T_y$ .

Вектор  $w$  стандартно заданий від 0.1 до 10, але його теж можна змінити, нажавши на його кнопку і в командному вікні записати Початок : Крок : Кінець.



Початкова точка відліку вектора: 0.1 Нова точка відліку:  
 Початкова точка відліку вектора: 0.2 Нова точка відліку:  
 Коефіцієнти Tx= 1 1 1 1 Нові коефіцієнти Tx= [20 0 0]

Рисунок 5

3) Побудувати графік показаний на рисунку 6:

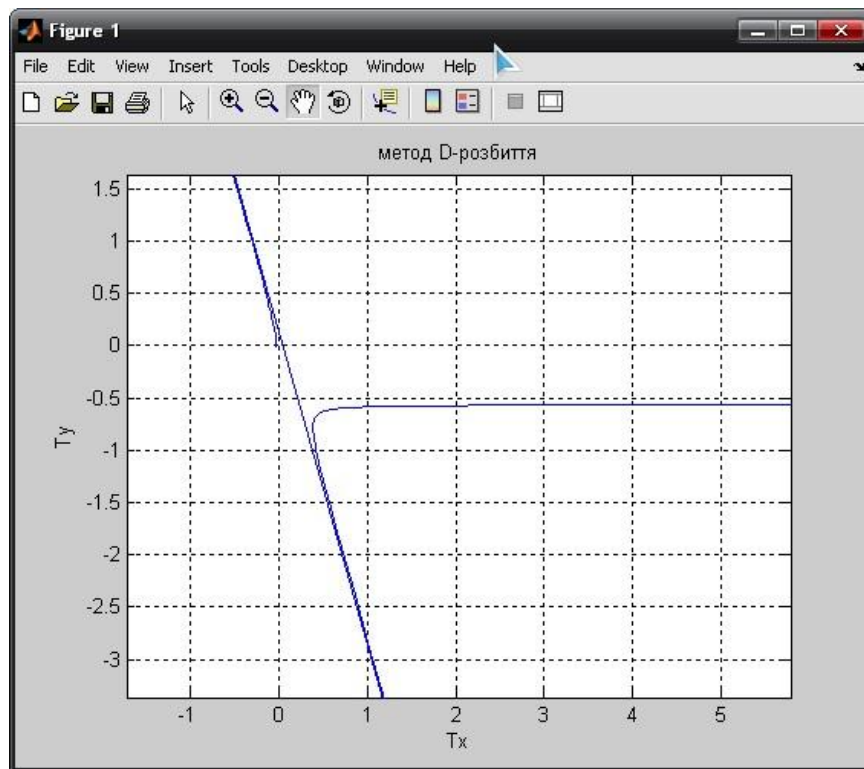


Рисунок 6

Висновок: дана програма зручна для визначення лінійних САК будь-якого порядку у порівняно малий термін та для спрощення знаходження запасу стійкості лінійних САК за допомогою обчислювальної техніки у програмному пакеті MATLAB.

#### Перелік посилань

1. [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
2. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в Simulink. – К.: ВД «Стилос», 2008. - 528 с.