

## ДО ПИТАННЯ ГАРМОНІЧНОЇ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Шамардіна В.М., Кукіль О.В., Макаренко Н.О., Немченко В.С.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Дослідження автоматизованих електромеханічних систем суттєво ускладнюються наявністю нелінійних елементів в виконавчих механізмах. Для багатьох електроприводів електротранспортних засобів, прокатних станів, механізмів пересування та ін. навантаженням опору є сили тертя, які залежать від умов ковзання  $F_0 = f(v_k)$ , нелінійність цієї залежності створює умови для збудження автоколивань в кінематичних ланках механізмів. Визначення умов виникнення автоколивань і їх параметрів значно спрощується при використанні метода гармонійної лінеаризації і відповідних критеріїв лінійної теорії автоматичного керування, що обумовлює актуальність питання.

Метою роботи є отримання коефіцієнта гармонійної лінеаризації нелінійної залежності сили тертя від швидкості ковзання  $F_0 = f(v_k)$ .

Апроксимовану статичну залежність сили тертя від швидкості ковзання  $F_0 = f(v_k)$  можна представити чотирма ділянками (рис.1) [1].

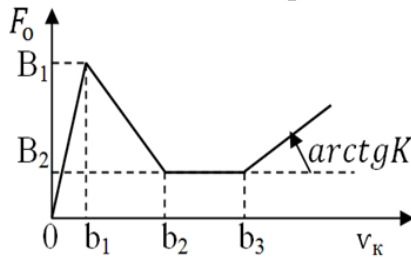


Рис.1

Таку еквівалентну статичну характеристику можна отримати шляхом паралельного прямого з'єднання типових нелінійних ланок, вихідна величина якого визначається алгебраїчним підсумовуванням вихідних сигналів складових ланок: 1) – «насичення» зі знаком (+), 2) – «зона нечутливості з насиченням» зі знаком (-), 3) – «зона нечутливості» зі знаком (+).

Передаючі функції цих гармонійно лінеаризованих ланок мають вид:

$$W_i(p) = q_i(A), \quad i=1, 2, 3, \quad (1)$$

де  $q_i(A)$  – коефіцієнт передачі гармонійно лінеаризованої ланки.

Для обраних ланок в довідниках наведені відповідні залежності  $q_i(A)$ :

$$\begin{aligned} q_1(A) &= \frac{2 \cdot B_1}{\pi \cdot b_1} \cdot \left[ \arcsin \frac{b_1}{A} + \frac{b_1}{A^2} \cdot \sqrt{A^2 - b_1^2} \right]; \\ q_2(A) &= -\frac{2 \cdot B_2}{\pi \cdot (b_2 - b_1)} \cdot \left[ \arcsin \frac{b_2}{A} - \arcsin \frac{b_1}{A} + \frac{b_2}{A^2} \cdot \sqrt{A^2 - b_2^2} - \frac{b_1}{A^2} \cdot \sqrt{A^2 - b_1^2} \right]; \\ q_3(A) &= \frac{2 \cdot K}{\pi} \cdot \left[ \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{b_2}{A} - \frac{b_2}{A^2} \cdot \sqrt{A^2 - b_2^2} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

Результуючий коефіцієнт гармонійної лінеаризації має вигляд:

$$\begin{aligned} q(A) &= \frac{2}{\pi} \cdot \left[ \left( \frac{B_1}{b_1} - \frac{B_2}{(b_2 - b_1)} \right) \cdot \arcsin \frac{b_1}{A} + \left( \frac{B_1}{A^2} - \frac{B_2}{(b_2 - b_1)} \cdot \frac{b_1}{A^2} \right) \cdot \sqrt{A^2 - b_1^2} - \right. \\ &\left. - \left( \frac{B_2}{(b_2 - b_1)} + K \right) \cdot \arcsin \frac{b_2}{A} + \left( \frac{B_2}{(b_2 - b_1)} \cdot \frac{b_2}{A^2} - K \cdot \frac{b_2}{A^2} \right) \cdot \sqrt{A^2 - b_2^2} + K \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

### Література:

1. Клепиков В. Б. Динамика электромеханических систем с нелинейным трением: монография. Х. : Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 408 с.