

Семенов А. О., д-р. техн. наук., доц.,  
Квітчук Я. В., Савчук П. П.  
Вінницький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ МІКРОХВИЛЬОВИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ ОДИНИЧНОГО ПЕРЕХОДУ ДЖОЗЕФСОНА

Широкого поширення у техніці міліметрових довжин хвиль мають генератори на базі переходів Джозефсона, що використовують нестационарний ефект Джозефсона, і які можуть перелаштовуватись в широкому діапазоні частот шляхом зміни напруги. Дослідження хаотичної динаміки таких пристроїв здійснюють за допомогою системи звичайних диференціальних рівнянь у нормованих змінних [1, 2]

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_3, \\ \dot{x}_2 = x_4, \\ \dot{x}_3 = C_2 \cdot (C_4 - \sin x_2 - x_4) + C_3 - \sin x_1 - x_3, \\ \dot{x}_4 = C_2 \cdot (C_3 - \sin x_1 - x_3) + C_4 - \sin x_2 - x_4, \end{cases} \quad (1)$$

для таких початкових умов і значень коефіцієнтів диференціальних рівнянь [1, 2]

$$T_0 = 0, T = 20, C_2 = 0.5, C_3 = 1.11, C_4 = 1.08,$$

$$x_1(0) = 3.1, x_2(0) = 0, x_3(0) = 1, x_4(0) = 0.9. \quad (2)$$

Модельне дослідження динамічних процесів у автоколивальній системі (1) здійснено за допомогою програми DEREK [2]. На рис. 1 – рис. 2 наведено результати модельних досліджень хаотичної динаміки. Як видно з рис. 2 максимальне значення старшого показника Ляпунова буде при значеннях початкових умов і коефіцієнтів системи (2) при  $C_3 = 1.21$ . За цих умов старші показники Ляпунова мають величини

$$\lambda_1 = 4.1605731 \cdot 10^{-2}, \lambda_2 = 1.1527058 \cdot 10^{-2},$$

$$\lambda_3 = -4.7973444 \cdot 10^{-1}, \lambda_4 = -1.5733983 \cdot 10^0.$$

Ентропія Колмогорова-Сіная хаотичних сигналів автоколивальної системи мікрохвильових радіотехнічних пристроїв на основі одиничного переходу Джозефсона становить

$$H = \sum_{\lambda_i(x) > 0} \lambda_i(x) = \lambda_1 + \lambda_2 = 0.0531.$$

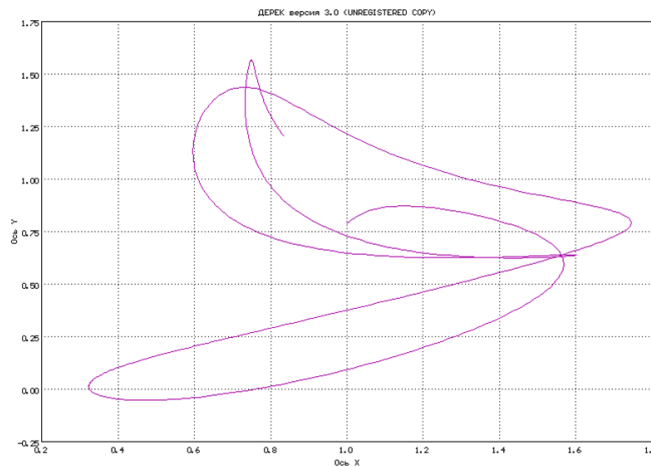


Рис. 1. Діаграма зміни надпровідного струму відносно нормованого часу одиничного переходу Джозефсона

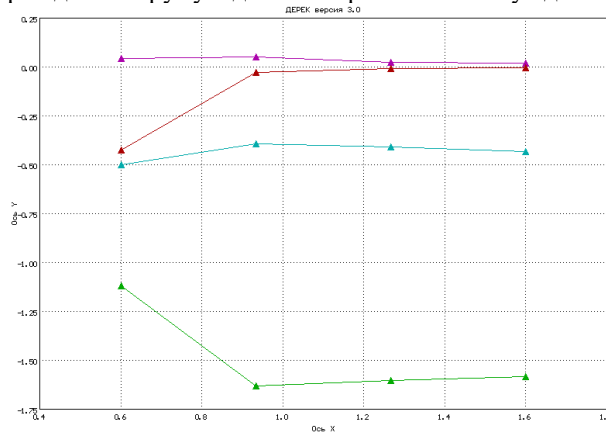


Рис. 2. Графік зміни старших показників Ляпунова при  $C_3 = 0.6 \dots 1.6$

Список використаних джерел

1. Мун Ф. Хаотические колебания. Вводный курс для научных работников и инженеров: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 312 с.
2. DEREK-ODE - Исследование динамических систем. URL: <http://derek-ode.sytto.com/>