

А. О. Семенов, С. М. Ковальчук, В. І. Коломийчук, О. В. Шевчук
(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

ХАОТИЧНА ДИНАМІКА НЕАВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ДРУГОГО ПОРЯДКУ З НЕЛІНІЙНОЮ ІНДУКТИВНІСТЮ

Анотація. Об'єктом даного дослідження є стаціонарні та хаотичні коливання в електричному колі другого порядку з нелінійною індуктивністю.

Ключові слова: нелінійна індуктивність, хаос, біфуркаційна діаграма, динамічний режим.

Abstract. The object of this study is stationary and chaotic oscillations in a second order of the electric circuit with a nonlinear inductor.

Keywords: nonlinear inductor, chaos, bifurcation diagram, dynamic mode.

Простим електричним колом другого порядку є паралельний коливальний контур на рис. 1. Як нелінійна індуктивність застосовується котушка з феромагнітним осердям, характеристика якого описується рівнянням [1]

$$i = a_1\psi + a_3\psi^3. \quad (1)$$

де ψ - магнітний потік в осерді, a_1, a_3 - коефіцієнти, які визначаються осердям.

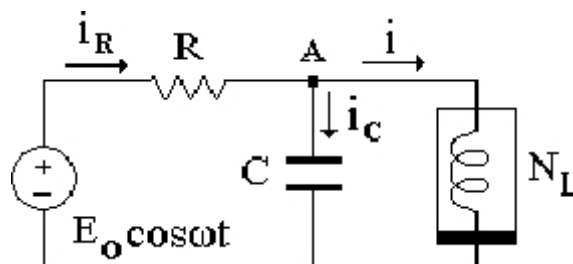


Рисунок 1 – Схема неавтономного електричного кола другого порядку з нелінійною індуктивністю [1]

Рівняння рівноваги кола [1]

$$\frac{d^2\psi}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{d\psi}{dt} + \frac{a_1}{C}\psi + \frac{a_3}{C}\psi^3 = \frac{E_0}{R} \cos \omega t. \quad (2)$$

Рівняння (1) у нормованих змінних

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \varepsilon \frac{dx}{dt} + ax + bx^3 = B \cos \omega t, \quad (3)$$

де $\varepsilon = \frac{1}{RC}$, $a = \frac{a_1}{C}$, $b = \frac{a_3}{C}$, $B = \frac{E_0}{RC}$.

Методом розділення змінних у (3) отримано систему нелінійних диференціальних рівнянь виду

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -\varepsilon x_2 - ax_1 - bx_1^3 + B \cos \omega t \end{cases}, \quad (4)$$

де $x_1 = \psi$, $x_2 = u_L$.

На рис. 2 подана біфуркаційна діаграма [1], а на рис. 2 – карта динамічних режимів [2] та її збільшений фрагмент [2] динамічної системи (4).

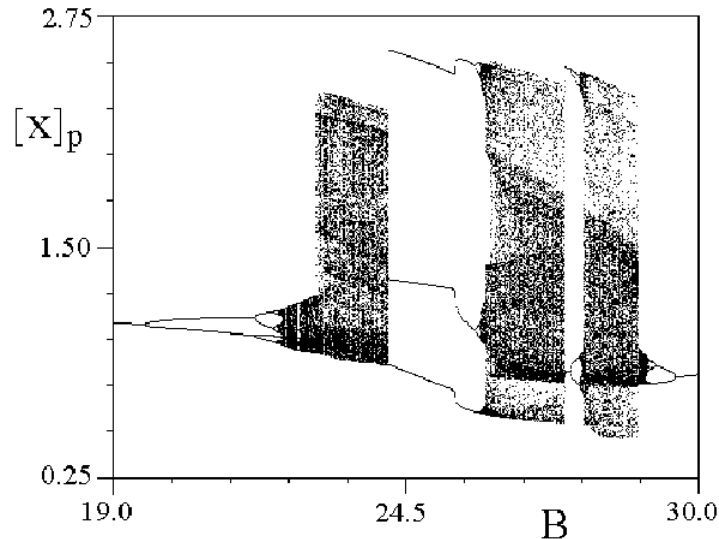


Рисунок 2 – Біфуркаційна діаграма динамічної системи (4) за умови $\omega = 0.8$, $\varepsilon = 0.18$, $b = 1.0$ [1]

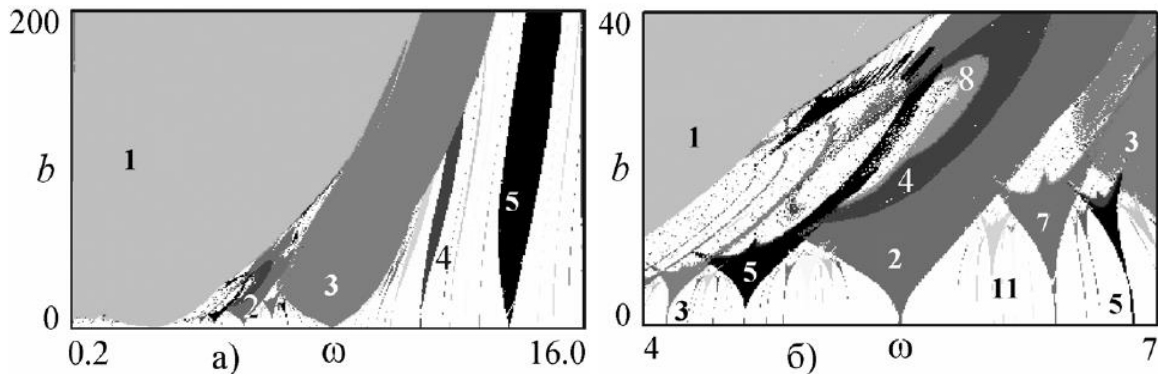


Рисунок 3 – Карта динамічних режимів (а) та її збільшений фрагмент (б) динамічної системи (4) [2]

Література

1. I.M. Kypryanidis. Control of Chaotic Dynamics by Linear Resistive Coupling / I.M. Kypryanidis, C.H. Volos, I.N. Stouboulos // In Proc. 9th WSEAS International CSCC Multiconference on Circuits and Systems (ICCS 2005), July 2005, Vouliagmeni, Greece. – P. 1-5.

2. Синхронизация в задачах: Учебно-научное издание / [Кузнецов А.П., Емельянова Ю.П., Сатаев И.Р., Тюрюкина Л.В.]. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2010. – 256 с.