

**ХАОТИЧНА ДИНАМІКА НЕАВТОНОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ
ДРУГОГО ПОРЯДКУ З НЕЛІНІЙНОЮ ЄМНІСТЮ**

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

Ключові слова: нелінійна ємність, хаос, біфуркаційна діаграма, фазовий портрет.

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

Keywords: nonlinear capacity, chaos, bifurcation diagram, phase portrait.

Простим електричним колом другого порядку є послідовний коливальний контур (рис. 1). Як нелінійна ємність застосовується варикап, вольт-кулонна характеристика якого описується рівнянням [1]

$$Q(u_C) = -k\sqrt{U_0 - u_C}. \quad (1)$$

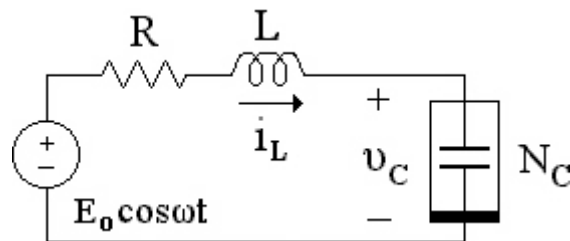


Рисунок 1 – Схема неавтономного електричного кола другого порядку з нелінійною ємністю [1]

Якщо $u_C < U_0$ тоді варикап працює як нелінійна ємність, коли $u_C > U_0$ тоді варикап працює як нелінійний опір. Динамічні процеси в електричному колі описується диференціальним рівнянням другого порядку відносно нормованих змінних [1]

$$\frac{d^2 q}{d\tau^2} + r \frac{dq}{d\tau} + (e^q - 1) = B \cdot \cos \omega_N \tau, \quad (2)$$

де $q = \frac{Q}{C_0} U_0$, $\tau = t \sqrt{\frac{1}{C_0 L}}$, $r = R \sqrt{\frac{C_0}{L}}$, $B = \frac{E_0}{U_0}$, $\omega_N = \omega \sqrt{C_0 L}$, $\omega = 2\pi f$.

Біфуркаційні діаграми динамічної системи (2) мають вигляд рис. 2 [1]. На рис. 3 подані часові діаграми коливань та фазові портрети електричного кола другого порядку з нелінійною ємністю в стаціонарному (а) та хаотичному (б) режимах [1].

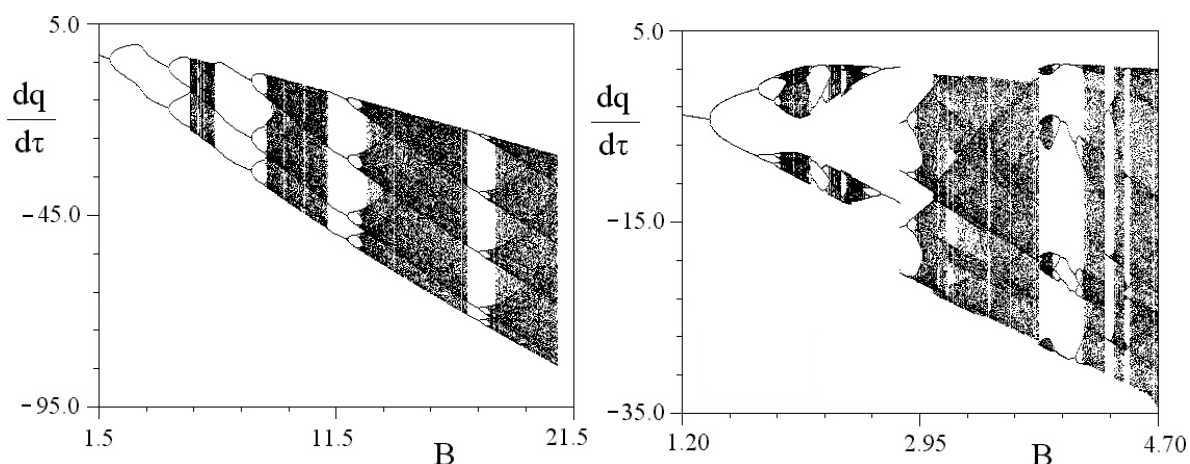


Рисунок 2 – Біфуркаційні діаграми при різних параметрах динамічної системи (2): а) $r = 0.4, f = 0.16, B = 1.5$; б) $r = 0.2, f = 0.1587, B = 1.5$

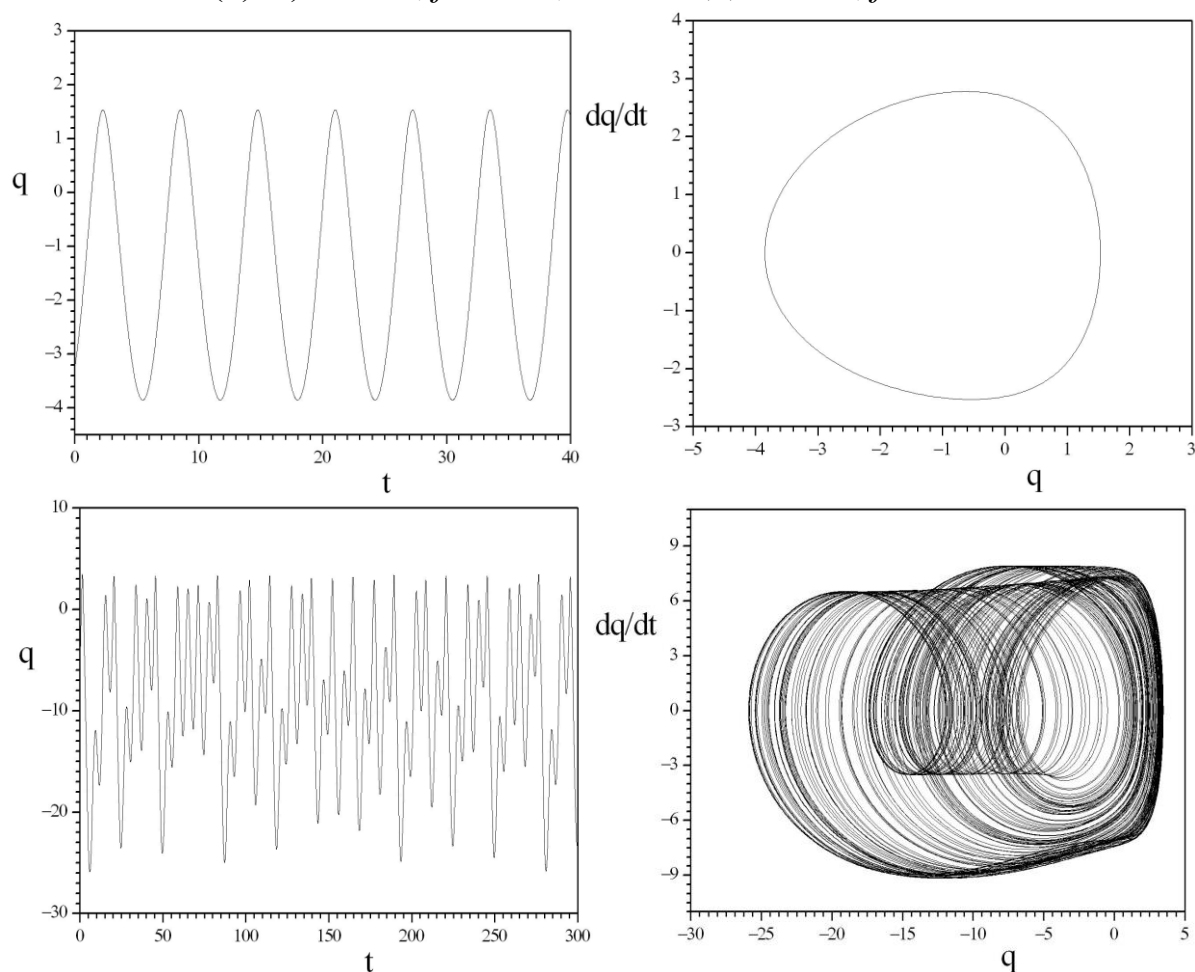


Рисунок 3 – Часові діаграми коливань та фазові портрети електричного кола другого порядку з нелінійною ємністю в режимах: а) стаціонарному при $r = 0.4; f = 0.16; B = 1.5$; б) хаотичному при $r = 0.4; f = 0.16; B = 6.0$

Література

1. Maaita Tzamal-Odyseas. Energy transfer and dissipation in nonlinear oscillators / A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Physics School of Sciences Aristotle University of Thessaloniki. March, 2014. – 154 p.