

А. О. Семенов, Д. О. Філевський, Я. В. Квітчук
(Україна, Вінниця, Вінницький національний технічний університет)

ПРОСТИЙ НЕАВТОНОМНИЙ ГЕНЕРАТОР ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ ТИПУ ДУФФІНГА-ХОЛМСА

Анотація. Об'єктом даного дослідження є динаміка хаотичних коливань в простому неавтономного генераторі детермінованого хаосу типу Дуффінга-Холмса на операційному підсилювачі.

Ключові слова: генератор, детермінований хаос, рівняння Дуффінга-Холмса, математична модель.

Abstract. The object of this study is the dynamics of chaotic oscillations in a simple nonautonomous oscillator of deterministic chaos type Duffing-Holmes on an operational amplifier.

Keywords: oscillator, deterministic chaos, Duffing-Holmes equation, mathematical model.

Електрична схема простого неавтономного генератора детермінованого хаосу типу Дуффінга-Холмса на основі операційного підсилювача (ОП) з послідовним RLC контуром подана на рис. 1. Зовнішнє збудження здійснюється синусоїдальним сигналом на інвертуючий вхід ОП. Нелінійність автоколивальної системи забезпечується зустрічно включеними діодами VD1-VD2 у колі додатного зворотного зв'язку, глибина якого визначається номіналом резистору R3. Номінали резисторів R1-R2 визначають величину підсилення сигналу зовнішнього синусоїдального збудження $A \sin \omega t$.

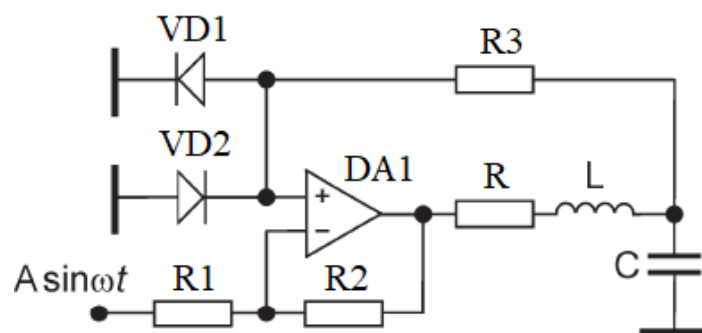


Рисунок 1 – Електрична схема простого неавтономного генератора хаосу типу Дуффінга-Холмса на основі операційного підсилювача [1]

Спрощена система диференціальних рівнянь рівноваги кола на основі рівнянь Кірхгофа має вигляд [1]

$$\begin{cases} C \frac{dU_C}{dt} = I_L, \\ L \frac{dI_L}{dt} = F_E(U_C) - I_L R + A \sin(\omega t - \pi), \end{cases} \quad (1)$$

де $F_E(U_C)$ - три-сегментна функція апроксимації активного елемента генератора, яка має вигляд

$$F_E(U_C) = \begin{cases} -(U_C + kU^*), & U_C < -U^*, \\ (k-1)U_C, & -U^* \leq U_C \leq U^*, \\ -(U_C - kU^*), & U_C > U^*, \end{cases} \quad (2)$$

$k = R_2/R_1 + 1$ - коефіцієнт підсилення каскаду на ОП, а U^* - це напруга відкриття діодів (для кремнієвих діодів $U^* \approx 0.5$ В при струмі 0.1 мА).

Шляхом введення безрозмірних змінних

$$\begin{aligned} x = \frac{V_C}{2V^*}, \quad y = \frac{\rho I_L}{2V^*}, \quad \tau = \frac{t}{\sqrt{LC}}, \quad \omega = \omega_0 \sqrt{LC}, \\ a = \frac{A}{2V^*}, \quad b = \frac{R}{\rho}, \quad \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}, \end{aligned} \quad (3)$$

у роботі [1] отримано математичну модель генератора [1]

$$\begin{cases} \dot{x} = y, \\ \dot{y} = F_E(x) - by + a \sin \omega t, \end{cases} \quad (4)$$

де нормована функція апроксимації

$$F_E(x) = \begin{cases} -(x+1), & x < -0.5, \\ x, & -0.5 \leq x \leq 0.5, \\ -(x-1), & x > 0.5. \end{cases} \quad (5)$$

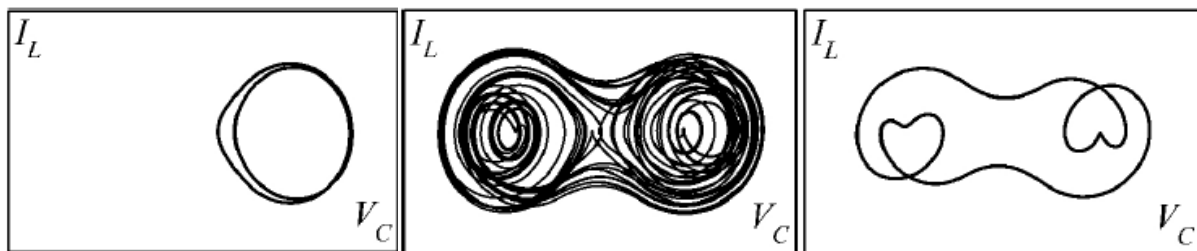


Рисунок 2 – Фазові портрети генератора при різній амплітуді зовнішньої дії: $A=140$ мВ, $A=160$ мВ і $A=169$ мВ [1]

Література

1. E. Tamaseviciute. Analogue Electrical Circuit for Simulation of the Duffing-Holmes Equation / E. Tamaseviciute, A. Tamasevicius, G. Mykolaitis, S. Bumeliene, E. Lindberg // Nonlinear Analysis: Modelling and Control, 2008, Vol. 13, No. 2, pp. 241–252.