

В. Ю. Кучерук, д.т.н.; В.М. Севастьянов, к.т.н., доц.; В.С. Маньковська, к.т.н., ст. викладач

ДОСЛІДЖЕННЯ RL-ДІОДНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНОГО СИГНАЛУ

Ключові слова: хаотичні коливання, бар’єрна ємність, дифузна ємність, біфуркацій на діаграма.

При створенні параметричних резистивних вимірювальних перетворювачів для забезпечення необхідних метрологічних характеристик досить часто доводиться перетворювати досить малі зміни вихідного опору, наприклад, при тензометричних вимірюваннях.

Це в свою чергу призводить до підсилення випадкових завад на корисний сигнал, внаслідок чого збільшується випадкова похибка вимірювань. Тому підвищення чутливості резистивних вимірювальних перетворювачів із одночасним забезпеченням низького рівня випадкових шумів є актуальним завданням.

Одним із методів вирішення цієї задачі є використання RL-діодного генератора детерміновано-хаотичного сигналу (ГДХС) [1-3].

Аналіз причин і умов виникнення хаотичних коливань в RL-діодних ланцюгах і є предметом досліджень, викладених в даній роботі.

Для цього спочатку розглянемо схему заміщення діода [2].

Схема заміщення діода в режимі малого сигналу (у найбільш загальному випадку) представлена на рис. 1.

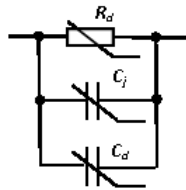


Рис. 1 – Схема заміщення діода в режимі малого сигналу

Відповідно до цієї схеми діод являє собою паралельне з’єднання нелінійного резистора R_d і двох нелінійних ємностей - бар’єрної C_j і дифузної C_d .

Бар’єрна ємність визначається за формулою:

$$C_j = \frac{C_{j0}}{\left(1 - \frac{U}{U_D}\right)^n}, \tag{1}$$

де C_{j0} – бар’єрна ємність при нульовій напрузі діода; U – напруга діода; U_D – дифузна напруга діода; n – технологічний коефіцієнт, який лежить в межах $(1/3 \dots 2/3)$.

Дифузна ємність визначається як:

$$C_d = \frac{\tau_B I_s}{m U_T} e^{\frac{U}{m U_T}}, \tag{2}$$

де I_s – тепловий струм діода; τ_B – час життя неосновних носіїв заряду; U – напруга діода; U_T – теплова напруга діода; m – коефіцієнт емісії.

Слід зазначити, що в режимі прямої напруги при $U \geq U_D$ бар’єрною ємністю можна знехтувати. У режимі зворотної напруги можна знехтувати дифузною ємністю.

Диференційне рівняння 2-го порядку для напруги на діоді має вигляд:

$$\left(LC_j(U_C) + LC_d(U_C) \right) \frac{d^2 U_C}{dt^2} + \left(\frac{L}{R_d(U_C)} + RC_j(U_C) + RC_d(U_C) \right) \frac{dU_C}{dt} + \left(\frac{R}{R_d(U_C)} + 1 \right) U_C = e.$$

де U_C – напруга на діоді, $R_d(U_C)$ – опір діода, $C_j(U_C)$ – бар’єрна ємність діода, $C_d(U_C)$ – дифузна ємність діода.

Розв'язання цього рівняння виконується за допомогою модифікованого метода кусковолінійної апроксимації з використанням перехідних характеристик та інтегралу Дюамеля.

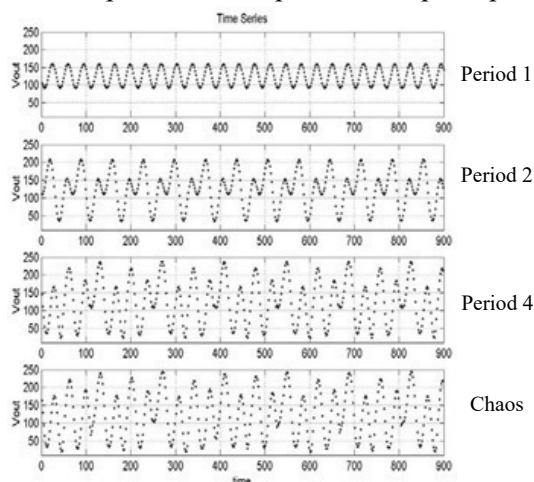


Рис. 2 – Графіки залежності $U_{\text{в}} \text{ від } t$

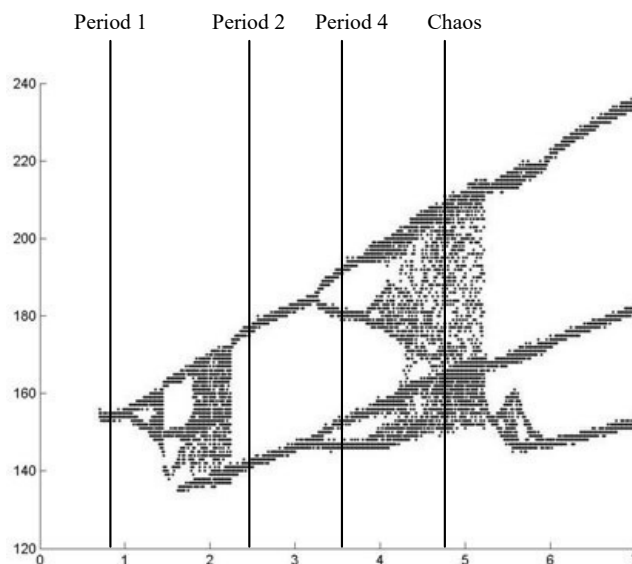


Рис.3 – Біфуркаційна діаграма

Висновки. Результат цього розв'язання показує, що в RL-діодних колах синусоїдного струму, якщо період коливань є сумірним зі сталою часу перехідного процесу, може виникнути ситуація, коли в кінці періоду струм в колі не згасає до нуля і новий період починається з ненульових початкових умов. При цьому, внаслідок суттєвої нелінійності параметрів схеми заміщення діода, в колі має місце практично незгасаючий перехідний процес, який приймає форму хаотичних коливань.

Список літературних джерел:

1. V. Kucheruk, Z. L. Warsza, V. Sevastyanow, W. Mankowska Generator oscylacji chaotycznych o układzie RL-diody jako przetwornik rezystancja-napięcie. PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 10/2013.
2. Кучерук В.Ю. Хаотичні коливання в RL-діодних колах високочастотного синусоїдного струму/ Кучерук В. Ю., Каців С. Ш., Маньковська В.С.// Контроль і управління в складних системах: XII Міжнародна конференція КУСС-2014, 14-16 жовтня, 2014 р.: тези доповіді. – Вінниця, 2014. – С. 65
3. Kucheruk V.Y. Research of the «determined chaos» phenomenon in the RL-diode electric circuit of sinusoidal current/ Katsyv S.Sh., Mykhalko M.V., Kucheruk V.Y., Mankovska V.S.// Proceeding the Sixth World Congress “Aviation in the XXI-st Century”, volume 1, September 23-25, Kyiv, 2014, p. 1.10.20-1.10.24