

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ RL-ДІОДНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЕТЕРМІНОВАНО-ХАОТИЧНИХ КОЛИВАНЬ

© В. Кучерук, В. Маньковська, 2015

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

При створенні параметричних резистивних вимірювальних перетворювачів для забезпечення необхідних метрологічних (зокрема, роздільної здатності) 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-хаотичних коливань (ГДХК) [1-7].

Розглянемо схему RL-діодного ГДХК. Електричне коло (рис. 1) буде поводитись по-різному в двох різних режимах: перший режим – коли струм через діод протікає в прямому напрямку (рис. 2), другий режим – коли струм через діод протікає у зворотному напрямку (рис. 3).

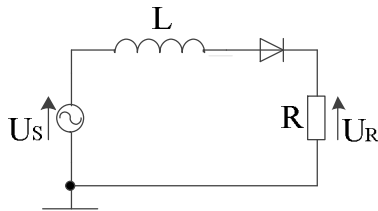


Рис. 1. Схема RL-діодного ГДХК

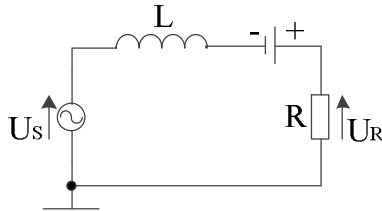


Рис. 2. Еквівалентна схема RL-діодного ГДХК при прямому напрямку струму

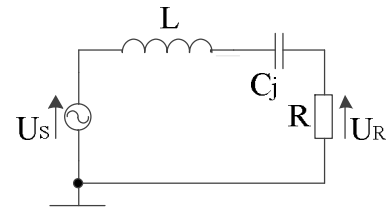


Рис. 3. Еквівалентна схема RL-діодного ГДХК при зворотному напрямку струму

Протягом часу протікання струму через діод у прямому напрямку (рис. 2) діод діє як фіксоване зміщення напруги. За законом Кірхгофа для напруг записується перше диференціальне рівняння

$$L \frac{dI}{dt} + R \cdot I = V_0 \sin \omega t + V_f, \quad (1)$$

де  $V_0$  – пікова амплітуда змінної вхідної напруги;  $V_f$  – пряме падіння напруги діода.

Протягом часу протікання струму через діод у зворотному напрямку (рис.3) діод поводитьсь як конденсатор із ємністю, рівною його ємності переходу ( $c_j$ ). Використовуючи закон Кірхгофа для напруг, можна отримати друге диференціальне рівняння

$$L \cdot \frac{d^2 I}{dt^2} + R \cdot \frac{dI}{dt} + \frac{1}{c_j} \cdot I = V_0 \cdot \omega \cdot \sin \omega t. \quad (2)$$

Дані рівняння можна розв'язати відносно напруг  $U_R$ . При цьому рівняння запишуться відповідно як

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} + U_R &= V_0 \cdot \sin \omega t + V_f; \end{aligned} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{L}{R} \cdot \frac{d^2 U_R}{dt^2} + \frac{dU_R}{dt} + \frac{U_R}{c_j R} &= V_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot \omega. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Чутливість вимірювального перетворення відносно вхідного параметру  $R$  визначиться:

$$\begin{aligned} \frac{dU_{R1}}{dR} &= \frac{V_0}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot [\omega L \cos(\omega t) + R \sin(\omega t) - 2R^2 (\omega L \cos(\omega t) + R \sin(\omega t)) + \\ &+ R \sin(\omega t)] = \frac{V_0}{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot [(\omega L \cos(\omega t) + R \sin(\omega t)) \cdot (1 - 2R^2) + R \sin(\omega t)]. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{dU_{R2}}{dR} = -V_0 \omega^2 c_j^2 \cdot \left[ \frac{\cos(\omega t)}{1 + \omega^2 c_j (R^2 c_j - 2L) + \omega^4 c_j^2 L^2} + \frac{2\omega c_j R((1 - Lc_j \omega^2) \sin(\omega t) - Rc_j \cos(\omega t))}{(1 + \omega^2 c_j (R^2 c_j - 2L) + \omega^4 c_j^2 L^2)^2} \right]. \quad (6)$$

Порівняльний аналіз отриманих рівнянь чутливості (5) і (6) показав, що  $\frac{dU_{R1}}{dt} > \frac{dU_{R2}}{dt}$ , тому для подальших досліджень вибране рівняння (5).

На рис. 4 побудовані графіки чутливості напруги до змінення опору.

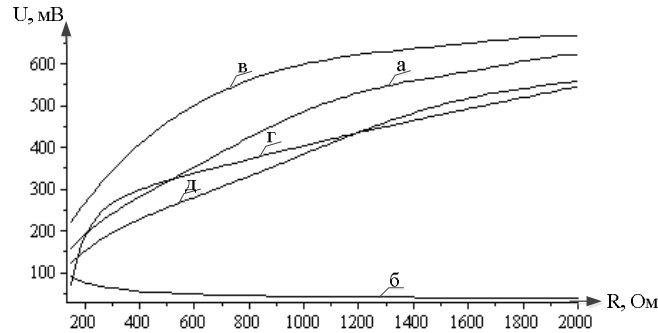


Рис. 4. Графіки чутливості:  
а – при  $L=1500$  мкГн, б – при  $L=1000$  мкГн, в –  $L=800$  мкГн,  
г – при  $L=500$  мкГн (RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань);  
д – схема для вимірювання опорів [8]

З графіків чутливості напруги до змінення опору видно, що при зменшенні опору чутливість збільшується. Виявлено, що чутливість вимірювального перетворення схеми RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань вища за чутливість порівнюваної схеми.

Встановлено, що використання вимірювального перетворювача на основі RL-діодного генератора детерміновано-хаотичних коливань дозволяє збільшити чутливість при вимірюванні малих значень опорів. Значне підвищення чутливості відбувається при вимірюванні опорів менше 200 Ом.

1. V. Kucheruk, Z. L. Warsza, V. Sevastyanow, W. Mankowska Generator oscylacji chaotycznych o układzie RL-dioda jako przetwornik rezystancja-napięcie. *Przegląd elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 10/2013. 2. Aissi C., Kazakos D.A., *Review of Chaotic Circuits, Simulation and Implementation. Proceeding of the 10th WSEAS International Conference on Circuits, Vouliagmeni, Athens, Greece, July 10-12, (2006)*, 125-131. 3. Кучерук В.Ю., Севастьянов В.Н., Маньковська В.С.: Об основных принципах создания измерительных устройств с использованием генераторов хаотических колебаний. 4. Alam J., Anwar S.: *Chasing Chaos with an RL-Diode Circuit. LUMS School of Science and Engineering*. – March 24, 2010. 5. Azzonz A., Hasler M.: *Orbits of the RL-Diode. Circuits and Systems, Vol. 37, (1990), n. 11, 1330-1338*. 6. Korotkii V.P.: *Transducer in a Dynamic Chaos Regime. Measurement Techniques October 2001, Volume 44, n. 10, 989 -92 Transl. from Izmeritel'naja Tekhnika (2001) n.10, 17-19*. 7. Satoshi Tanaka, Jun Noguchi, Shinichi Higuchi, Takashi Matsumoto. *Bifurcation Analysis of a Driven RL-Diode Circuit. Математический анализ (1991). n. 760, 111-128*. 8. Кучерук В.Ю. Перетворювач опору в напругу з використанням RL-діодного генератора хаотичних коливань / Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М., Маньковська В.С. // *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. – 2012. № 6(82). – С. 129-133