

ХАОТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В RLD ЦЕПЯХ

Деревянко А.И. к.т.н., доцент

Национальная металлургическая академия Украины

Ключевые слова: ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА, RLD ЦЕПИ, ТОЧКИ БИФУРКАЦИИ.

Целью работы является разработка математической модели RLD цепей и исследование влияния частоты ω и амплитуды U входного гармонического напряжения на максимальное значение напряжения U_d на полупроводниковом диоде.

Хаос - это непериодическое поведение детерминированных нелинейных динамических систем, которое чувствительно к начальным условиям. Одним из сценариев перехода к хаосу является удвоение периода [1].

Простая схема, которая может демонстрировать хаотическое поведение, является так называемой схемой RLD, образованная последовательным соединением резистора R , катушки индуктивности L и диода D .

В случае доминирования барьерной емкости диода за счет выбора соответствующей рабочей точки, такая RLD цепь описывается уравнением

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{A}{b} q^{\frac{1}{1-\gamma}} - \frac{1}{b} = U \sin \omega t \quad (1)$$

Представленное уравнение (1) можно отнести к классу уравнений Дуффинга, отличительной особенностью которых является существование разнообразных периодических решений исследованных весьма мало, а еще в меньшей степени изучены непериодические решения [2].

Для решения поставленной задачи была использована среда моделирования Multisim, т.к. она обеспечивает интерфейс, приближенный к реальной аппаратной среде исследования реализаций электронных схем. Кроме того, в ней представлен широкий спектр элементов электронных схем с подробными и точными характеристиками.

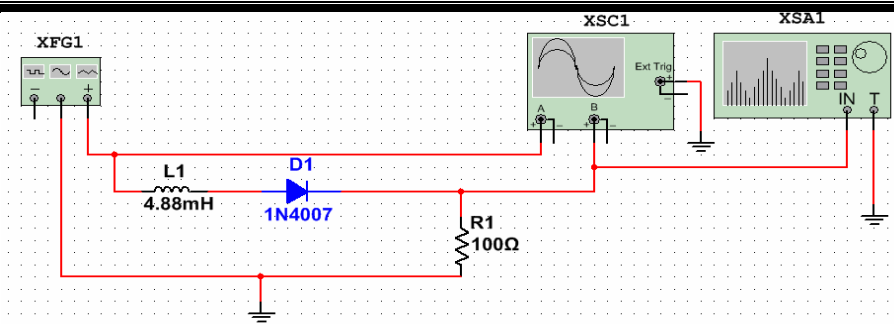


Рисунок 1 – Моделирование RLD цепи в Multisim

Исследование модели RLD цепи в Multisim проводилось в два этапа.

На первом этапе исследовалось влияние амплитуды при ее увеличении и уменьшении U входного сигнала на $\max(U_d)$. Переход к хаотическому режиму в RLD цепи при увеличении амплитуды входного гармонического сигнала U с неизменной частотой $\omega=450$ кГц сопровождается увеличением количества непересекающихся петель фазового портрета и наполнением спектрального диапазона 0-2 ω новыми спектральными компонентами. В результате фазовый портрет приобретает вид странного аттрактора, а спектр - становится непрерывным, что служит признаком хаоса (рис.2).

Последовательное увеличение, а затем уменьшение амплитуды U гармонических колебаний показало наличие петли гистерезиса на интервале 350-400 мВ. Этот интервал характеризуется возникновением хаотических колебаний.

На втором этапе исследовалось влияние частоты ω входного гармонического напряжения при ее увеличении и уменьшении на $\max(U_d)$ на полупроводниковом диоде. Последовательное увеличение, а затем уменьшение частоты ω гармонических колебаний при неизменной амплитуде U показало наличие петли гистерезиса на интервале 40-45 кГц. Этот интервал характеризуется возникновением хаотических колебаний.

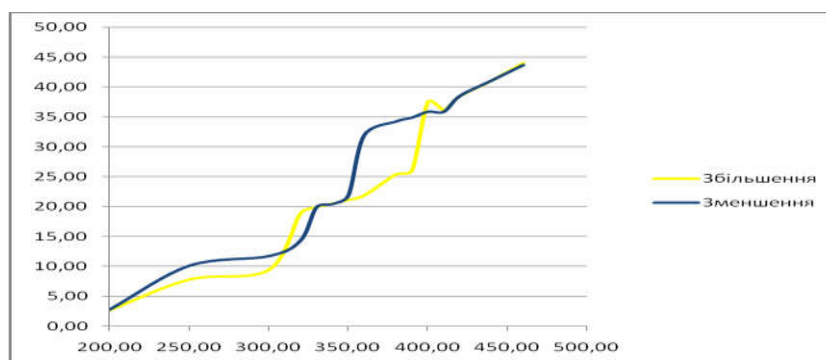


Рисунок 2 – Зависимость $\max(U_d)$ от амплитуды U гармонических колебаний при неизменной частоте $\omega=450$ кГц

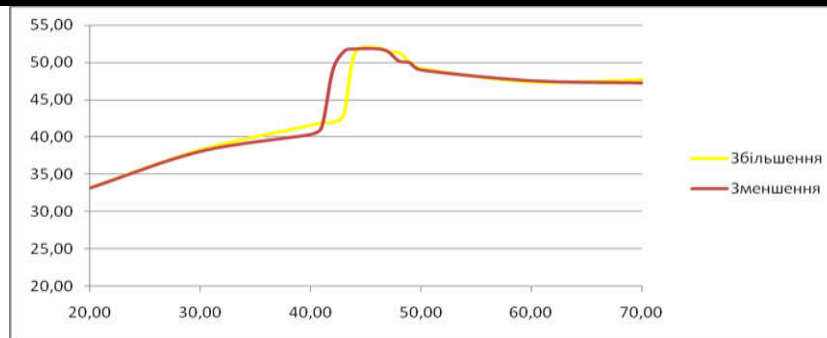


Рисунок 3 – Зависимость $\max(U_d)$ от частоты в гармонических колебаний при неизменной амплитуде U

Таким образом, возникновение хаотических колебаний может быть обусловлено как изменениями амплитуды, так и частоты входного гармонического сигнала. Поэтому важной практической задачей является прогнозирование точек бифуркации петли гистерезиса (рис.3).

Выводы

Проведенные исследования дали возможность:

во-первых, оценить зависимость $\max(U_d)$ от частоты ω и амплитуды U гармонических колебаний;

во-вторых, получить на основе рассмотренной компьютерной модели возможность прогнозирования точек бифуркации петли гистерезиса для реальных элементов электронных схем.

Литература

1. Haniyas M.P., Giannarias G., Spyridokis A., Rigas A. Time series analysis in chaotic diode resonator circuit. *Chaos, Solitons and Fractals*, 27, 2006, 569-573p.
2. Стокер Дж. Нелинейные колебания в механических и электрических системах. Иностранная литература, М. 1953. С.253.

CHAOTIC OSCILLATIONS IN RLD CHAINS

Derevyanko Aleksandr

Abstract. A diode resonator chaotic circuit is presented. Multisim is used to simulate the circuit and show the presence of chaos.

Keywords: CHAOTIC DYNAMICS, RLD CHAINS, BIFURCATION POINTS.

References

1. Haniyas M.P., Giannarias G., Spyridokis A., Rigas A. Time series analysis in chaotic diode resonator circuit. *Chaos, Solitons and Fractals*, 27, 2006, 569-573p.
2. Stoker Dzh. Nelyneinyye kolebaniya v mekhanicheskyykh y elektrycheskyykh systemakh. Ynostrannaia lyteratura, M. 1953. S.253.