

СХЕМОТЕХНІЧНІ ВАРІАНТИ ЯДРА МОНОЛІТНИХ ГЕНЕРАТОРІВ КЕРОВАНИХ НАПРУГОЮ НА ОСНОВІ ТРАНЗИСТОРНИХ СТРУКТУР З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто варіанти схем ядра монолітних інтегральних генераторів керованих напругою. Як елемент змінної ємності використано варикапи для перелаштування частоти генерації. Наведена математична модель ядра ГКН на основі польової транзисторної структури. Досліджено біфуркацію Андронова-Хопфа ГКН.

Ключові слова: генератор керований напругою, електрична схема, математична модель, біфуркація Андронова-Хопфа.

Abstract

The variants of the kernel circuits of monolithic integral by voltage-controlled oscillator are considered. As an element of a capacitance variable, varicaps used to adjust the generation frequency. The mathematical model of VCO core based on field transistor structure is presented. The Andronov-Hopf bifurcation of VCO was investigated.

Keywords: voltage-controlled oscillator, electrical circuit, mathematical model, Andronov-Hopf bifurcation.

Вступ

Сучасним напрямком в теорії автоматичного керування і теорії зв'язку є практичне застосування генераторів керованих напругою. Застосування транзисторних структур з від'ємним опором є перспективним напрямком побудови ГКН в інтегральному виконанні [1].

Метою роботи є дослідження становлення граничного циклу при електронному переналаштуванні частоти генерації в ГКН на основі польової транзисторної структури з від'ємним опором та умови виникнення біфуркації Андронова-Хопфа.

Результати дослідження

На рис. наведено структуру ІМС ГКН MAX2624 і MAX2754 з електронним перелаштуванням частоти генерації [2, 3]. Як елементи налаштування частоти використовують варикапи. Настроювальні характеристики та нормовані вихідні спектри генерованих коливань наведені на рис. 2 [2, 3].

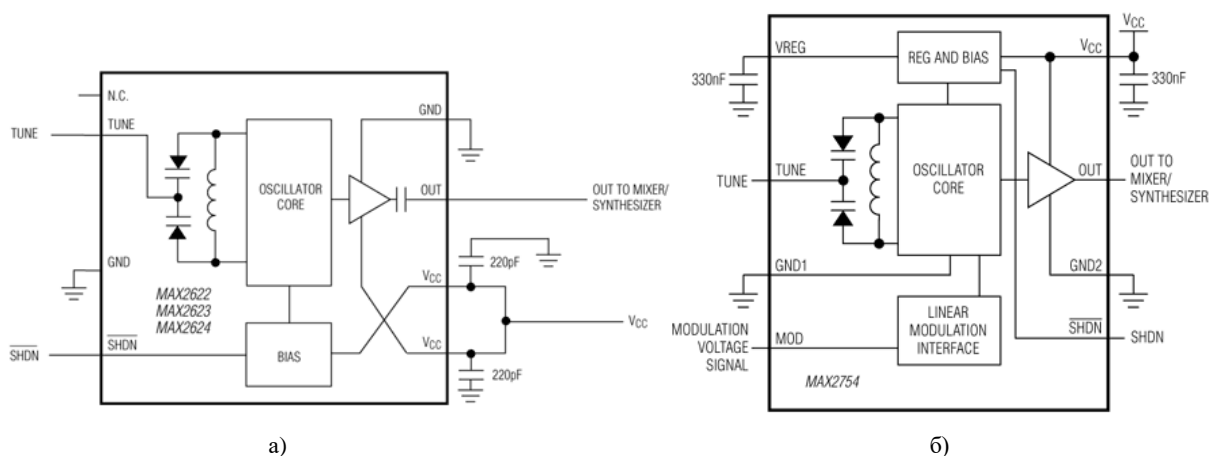


Рис. 1. Структури інтегральних мікросхем ГКН MAX2624 (а) і MAX2754 (б)

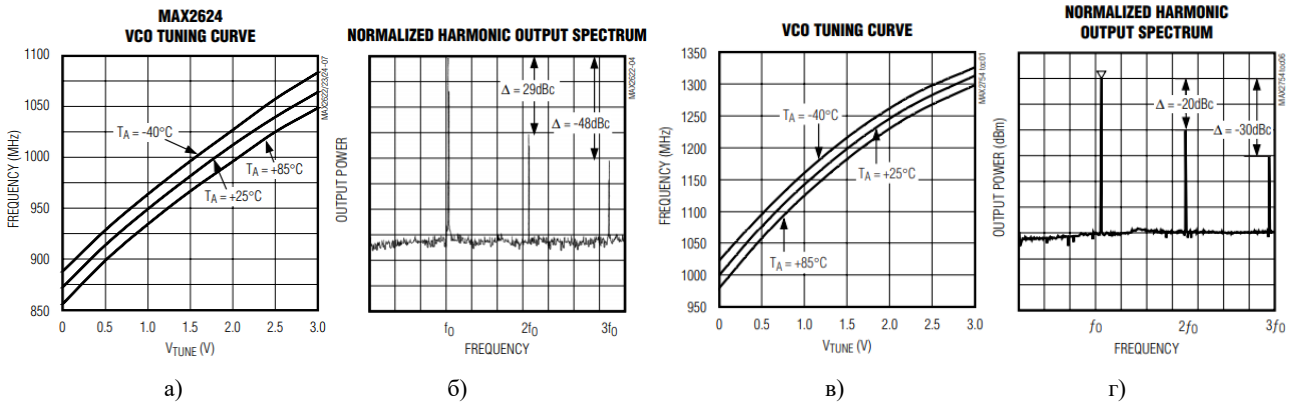


Рис. 2. Настроювальні характеристики ГКН MAX2624 (а) і MAX2754 (в) та нормовані спектри генерованих гармонійних коливань MAX2624 (б) і MAX2754 (г)

Електричні схеми ядра ГКН на основі польової та біполярної ТСВО наведені на рис. 3,а [1].

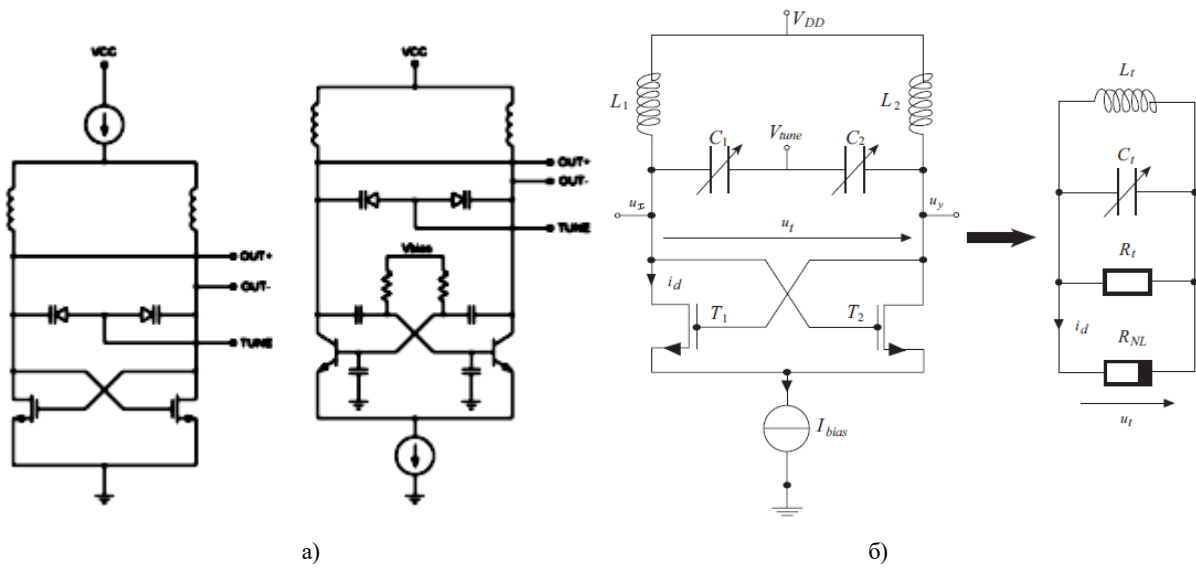


Рис. 3. Електричні схеми ядра ГКН на основі польових і біполярних ТСВО (а) [1], електрична та еківалентна схеми ядра ГКН на основі польової ТСВО (б) [4]

Еквівалентна схема та математична модель ядра генератора на рис. 3,б запропоновані в роботі [4]. Система рівнянь руху в матричній формі має вигляд [4]

$$\begin{pmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_t}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\omega_C \\ \omega_C & \alpha(\mu) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_L \\ v_t \end{pmatrix} + \varepsilon f(v_t, i_L), \quad (1)$$

де

$$\alpha(\mu) = -\frac{1}{C_0(V_{tune})} \left[\frac{I_{bias} \sqrt{\mu_n C_{ox} W_n}}{2\sqrt{I_{bias} L_n}} - \frac{1}{R_t} \right], \quad (2)$$

$$C_0(V_{tune}) = C_{v0}(V_{tune}) + C_{par}, \quad (3)$$

$$\omega_C = \frac{1}{\sqrt{C_0(V_{tune}) L_t}}. \quad (4)$$

У рівняннях (1)-(4) W_n - ширина перехресної пари, L_n - довжина каналу, $C_0(V_{tune})$ позначає ефективну ємність від сигналу ГКН. Сумарна ємність складається з ємності, що залежить від варакторної напруги $C_{v0}(V_{tune})$ та паразитних ємностей інших компонентів ГКН [4].

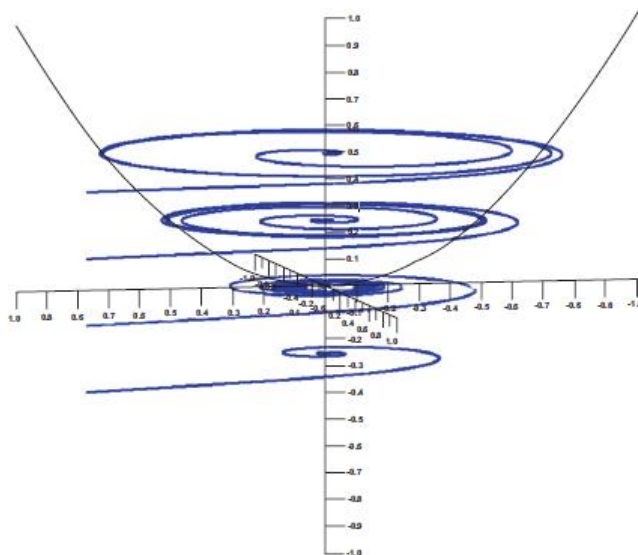


Рис. 4. Графік граничного циклу бифуркації Андронова-Хопфа в ГКН на рис. 3,б при різних частотах генерації

Умовою виникнення бифуркації Андронова-Хопфа є [4]

$$W_{n,C} = \frac{4L_n}{\mu_n C_{ox} I_{bias} R_t^2} \quad (5)$$

Амплітуда граничного циклу можна обчислити по формулі [4]

$$r = \sqrt{\frac{8}{3}} \sqrt{\frac{(R_t I_{bias} - v_n)}{R_t I_{bias}}} v_n, \text{ де } v_n = \sqrt{\frac{I_{bias} L_n}{\mu C_{ox} W_n}} \quad (6)$$

У роботі [4] досліджено експериментальний макет, де як польові транзистори обрано SGB25V за 0,25 мкм технологією RF CMOS, індуктивність величиною $L_{i,s} = 11.1$ нГн, та ширина варактора $W_n = 150$ мкм. Експериментальні дослідження показали, що центральна частота генератора становить 2,4 ГГц, діапазон зміни частоти при електричному керуванні в діапазоні 1,98..2,79 ГГц [4].

Висновки

У роботі наведено результати чисельного математичного моделювання бифуркації Андронова-Хопфа в ГКН на основі польової транзисторної структури з від'ємним опором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильин А.Г. Автогенераторы и синтезаторы. Учебное пособие / А.Г. Ильин. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. – 68 с.
2. MAXIM Monolithic Voltage-Controlled Oscillators. Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX2622-MAX2624.pdf>
3. MAXIM 1.2GHz VCO with Linear Modulation Input. Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.maximintegrated.com/en/products/comms/wireless-rf/MAX2754.html>
4. Wolfgang Mathis and Jan Bremer. Modelling and design concepts for electronic oscillator and its synchronization // The Open Cybernetics and Systems Journal. – 2009. – No 3. – pp. 47-60.

Семенов Андрій Олександрович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Semenov Andriy A. — Cand. Sc. (Eng), Professor of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua