

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра радіотехніки

**Система передачі інформації за допомогою генератора
детермінованого хаосу на основі кільцевої схеми
з 1,5 степенями свободи**

Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю
172 – Телекомунікації та радіотехніка

Розробив студент гр. РТ-17м Хоменко Є. О.
керівник – к.т.н., професор каф. РТ Семенов А. О.

Вінниця ВНТУ 2019

Електрична схема генератора детермінованого хаосу для засобів прихованої передачі інформації

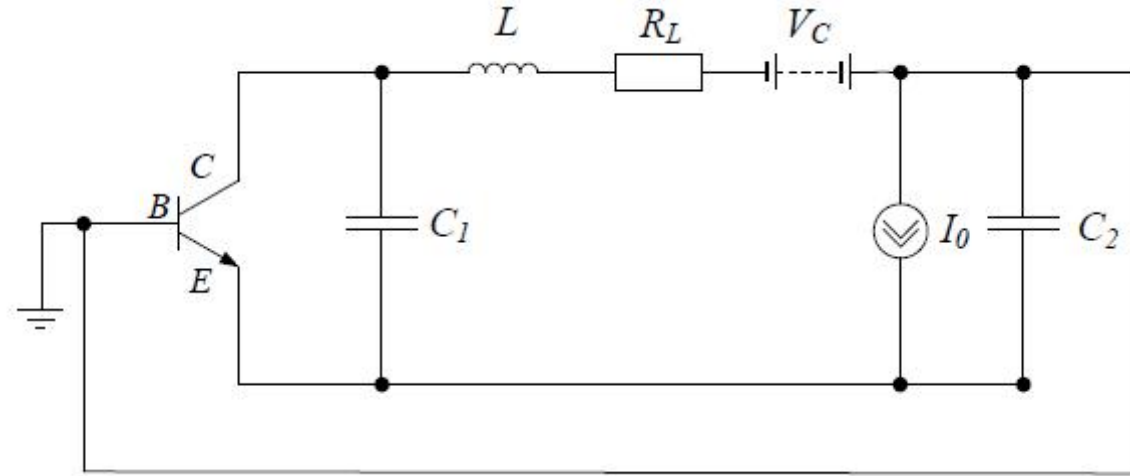


Рисунок Б.1 – Електрична схема генератора з 1,5 степенями свободи

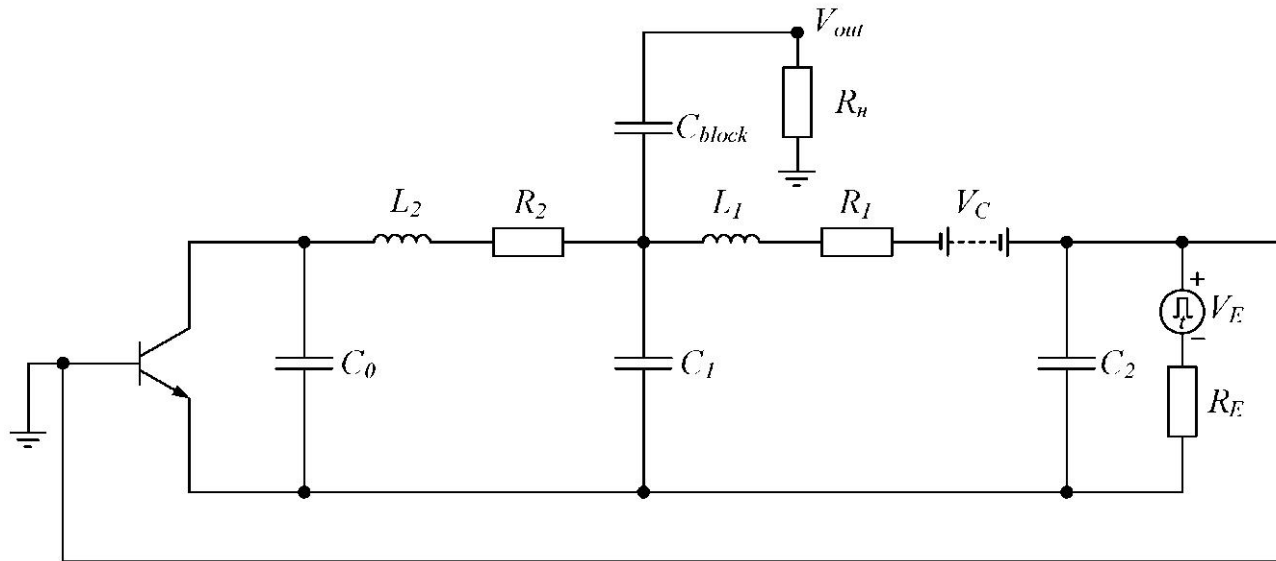


Рисунок Б.2 – Електрична схема генератора з 2,5 степенями свободи

Математична модель генератора детермінованого хаосу для засобів прихованої передачі інформації

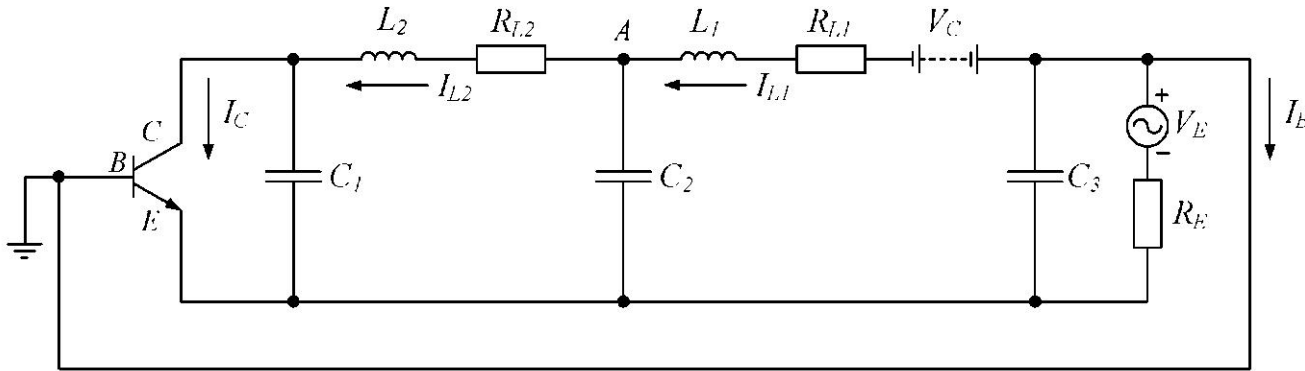


Рисунок В.1 – Електрична схема генератора детермінованого хаосу

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 \frac{dV_{CE}}{dt} = I_{L2} - I_C \\ C_3 \frac{dV_{BE}}{dt} = \frac{V_E - V_{BE}}{R_E} - I_{L1} - I_B(V_{BE}) \\ C_2 \frac{dV_A}{dt} = I_{L1} - I_{L2} - \frac{c_2}{c_3} \left(\frac{V_E - V_{BE}}{R_E} - I_{L1} - I_B(V_{BE}) \right) \\ L_1 \frac{dI_{L1}}{dt} = V_C - V_A - R_{L1} I_{L1} \\ L_2 \frac{dI_{L2}}{dt} = V_A + V_{BE} - V_{CE} - R_{L2} I_{L2} \end{array} \right.$$

V_{CE}, V_{BE} - напруги колектор-емітер і база-емітер;

I_{L1}, I_{L2}, I_C, I_B - струми через індуктивності L_1, L_2 , колектор C і базу B , відповідно;

$$I_C = \beta I_B,$$

β - коефіцієнт підсилення струму транзистора;

$$V_E = V_{DC} + V_{AC} \sin(2\pi ft)$$

Струм бази транзистора

$$I_B(V_{BE}) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } V_{BE} \leq V_T, \\ \frac{(V_{BE} - V_T)}{R_{BE}}, & \text{якщо } V_{BE} \geq V_T, \end{cases}$$

Математична модель генератора у безрозмірних змінних

$$\begin{cases} \frac{dv_{CE}}{dt} = \frac{1}{\omega_0 C_1 R_{BE}} (i_{L2} - i_{L1}) \\ \frac{dv_{BE}}{dt} = \frac{1}{\omega_0 C_3 R_{BE}} \left[\frac{R_{BE}}{R_E} (v_E - v_{BE}) - i_{L1} - i_B (v_{BE}) \right] \\ \frac{dv_A}{dt} = \frac{1}{\omega_0 C_3 R_{BE}} \left[-\frac{R_{BE}}{R_E} (v_E - v_{BE}) + i_B (v_{BE}) + \left(1 + \frac{C_3}{C_2} \right) i_{L1} - \frac{C_3}{C_2} i_{L2} \right] \\ \frac{di_{L1}}{dt} = \frac{R_{BE}}{\omega_0 L_1} \left(v_C - v_A - \frac{R_{L1}}{R_{BE}} i_{L1} \right) \\ \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{R_{BE}}{\omega_0 L_2} \left(v_A + v_{BE} - v_{CE} - \frac{R_{L2}}{R_{BE}} i_{L2} \right) \end{cases}$$

де безрозмірні змінні та коефіцієнти системи рівнянь мають вигляд

$$i_B(v_{BE}) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } v_{BE} \leq 1, \\ v_{BE} - 1, & \text{якщо } v_{BE} \geq 1, \end{cases} \quad \frac{d}{dt'} = \frac{\omega_0 d}{dt}, \quad v_{CE} = \frac{V_{CE}}{V_T}, \quad v_{BE} = \frac{V_{DE}}{V_T}, \quad v_C = \frac{V_A}{V_T}, \quad i_{L1} = \frac{I_{L1}}{I_0}, \quad i_{L2} = \frac{I_{L2}}{I_0},$$

$$v_E = \frac{V_E}{V_T}, \quad v_C = \frac{V_C}{V_T}, \quad I_0 = \frac{V_T}{R_{BE}}, \quad i_C = \beta i_B(v_{BE}), \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L_1 C_1 C_2}}.$$

Результати математичного моделювання генератора детермінованого хаосу для засобів прихованої передачі інформації

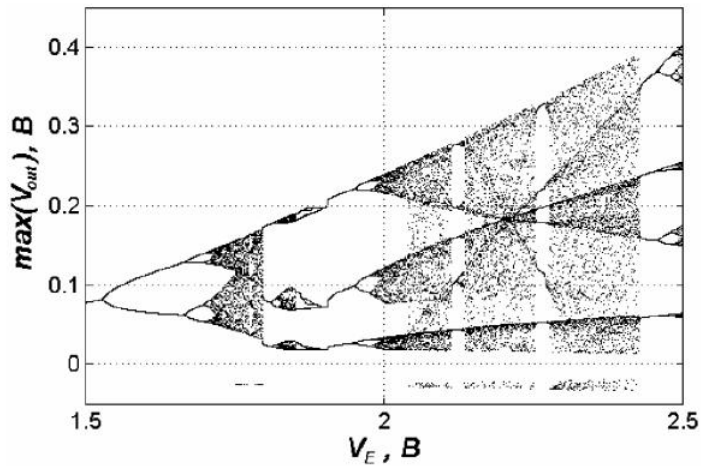


Рисунок Д.1 – Біфуркаційна діаграма генератора

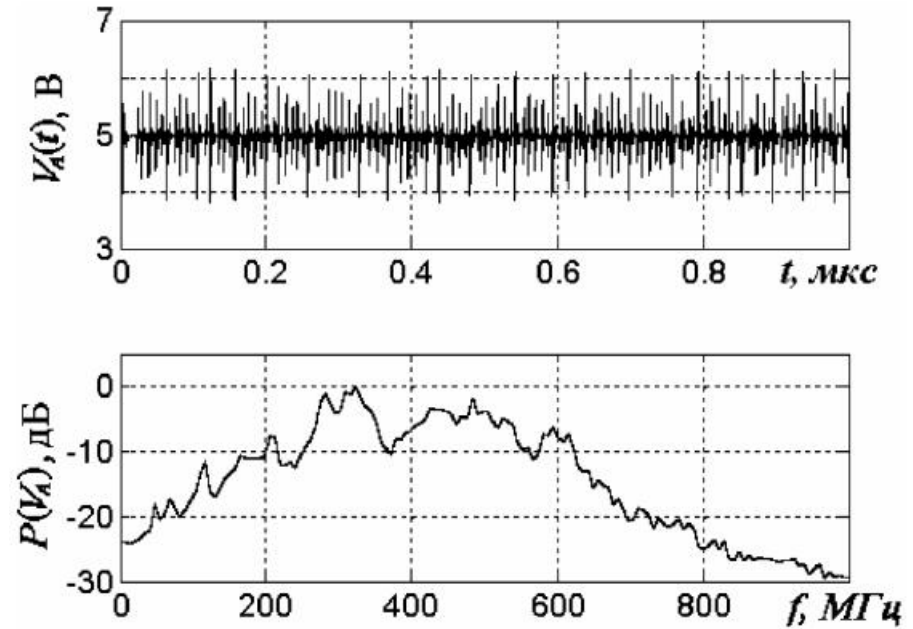


Рисунок Д.2 - Фрагмент часової реалізації й спектр потужності сигналу генератора

Комп'ютерна модель генератора детермінованого хаосу для засобів прихованої передачі інформації

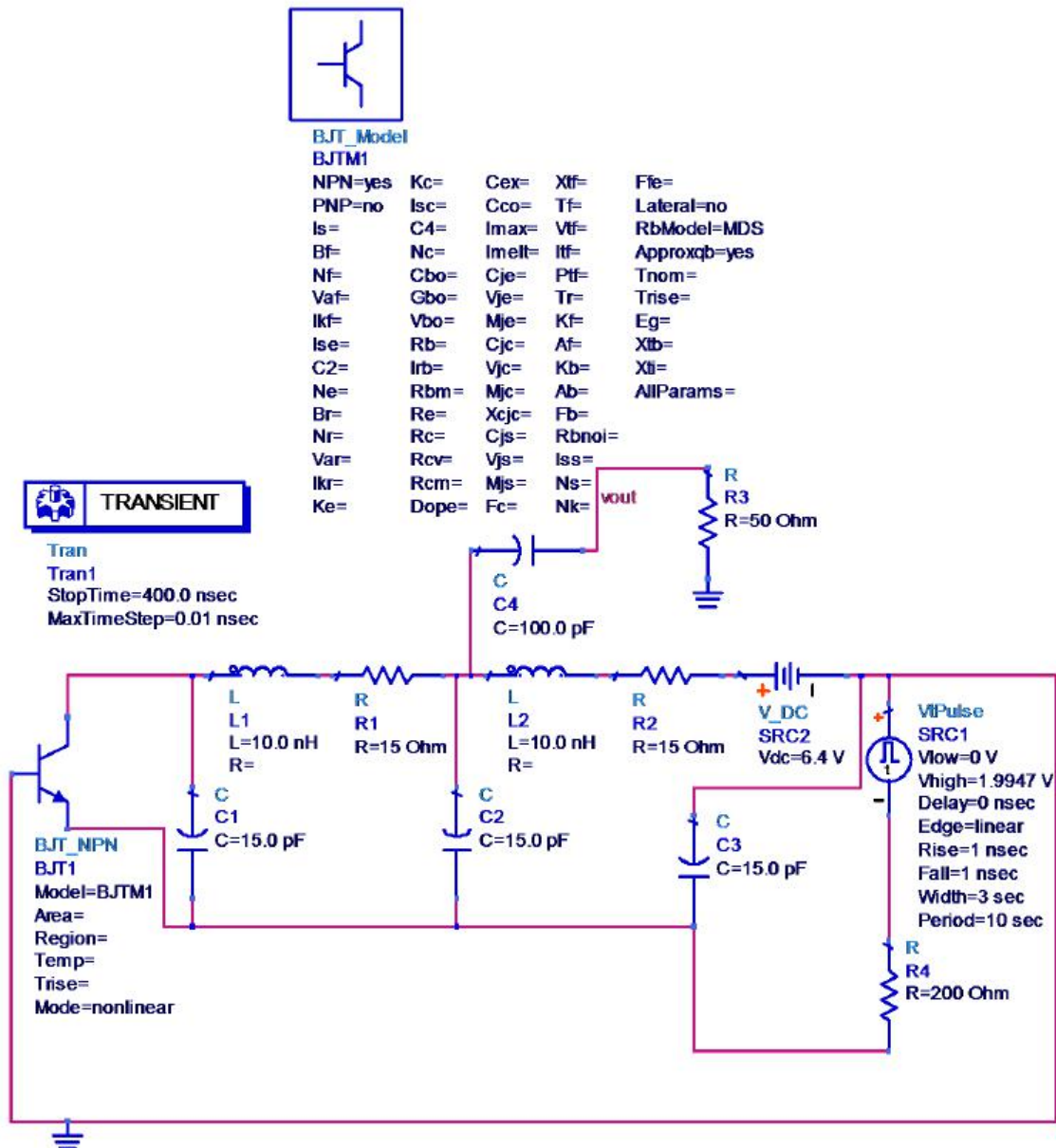


Рисунок Е.1 - Модель генератора детермінованого хаосу в програмі ADS 2009

Результати комп'ютерного моделювання генератора детермінованого хаосу для засобів прихованої передачі інформації

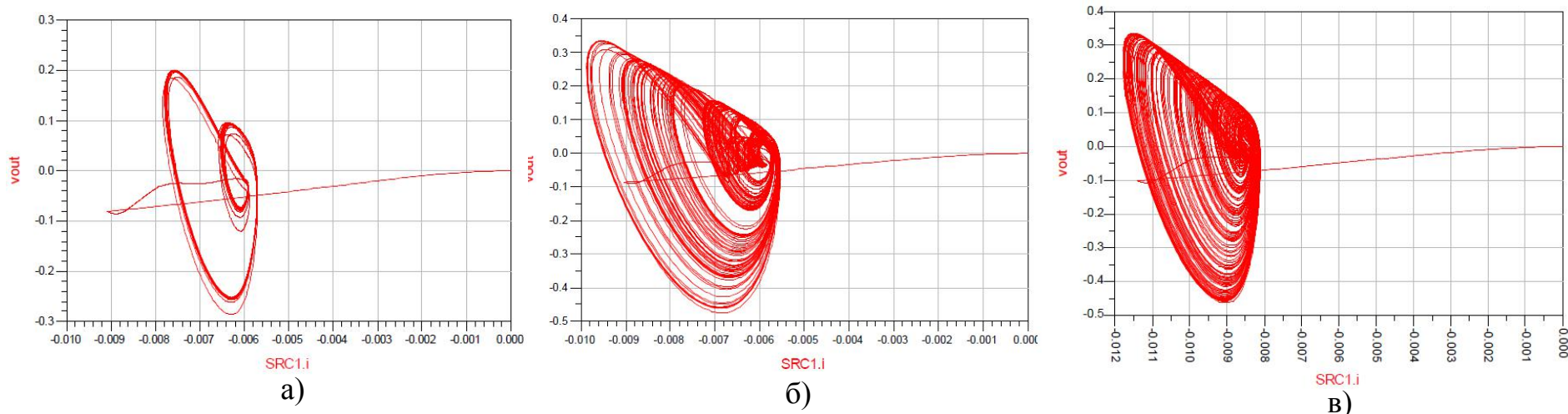
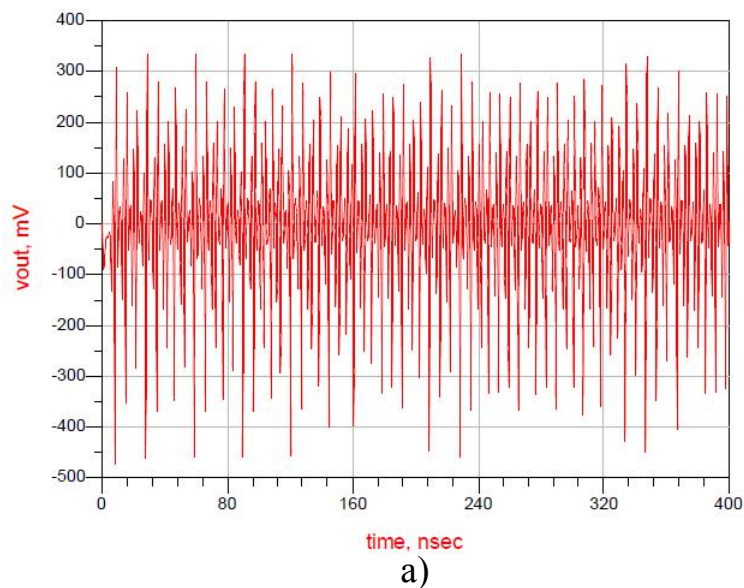


Рисунок Ж.1 – Фазові портрети генератора при різних напругах джерела живлення: а) 1.99 В, б) 2.2 В, в) 2.5 В



m1
freq=160.0MHz
dBm(sp)=-25.229

m2
freq=360.0MHz
dBm(sp)=-27.126

m3
freq=455.0MHz
dBm(sp)=-12.668

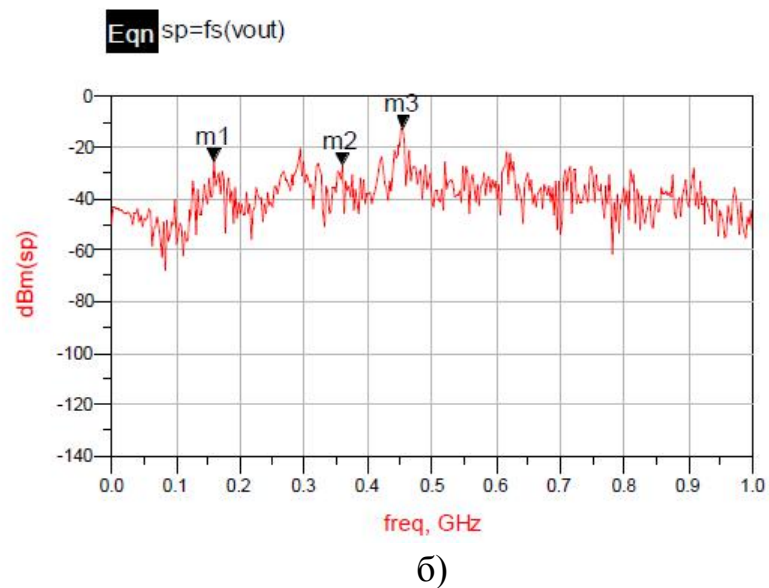


Рисунок Ж. 2 - Фрагмент часової реалізації коливань (а) і спектр потужності коливань (б)

Результати дослідження генератора детермінованого хаосу для засобів прихованої передачі інформації

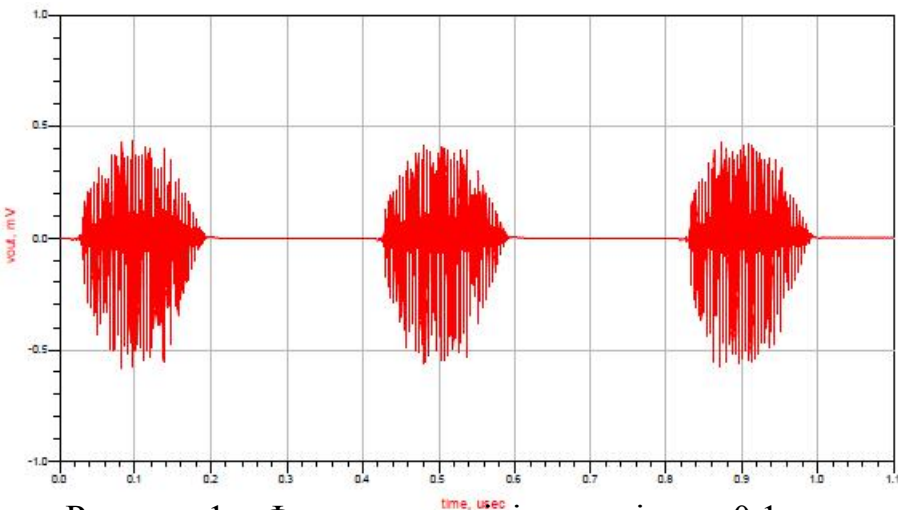


Рисунок 1 – Фрагмент радіоімпульсів з $\tau=0.1$ мкс

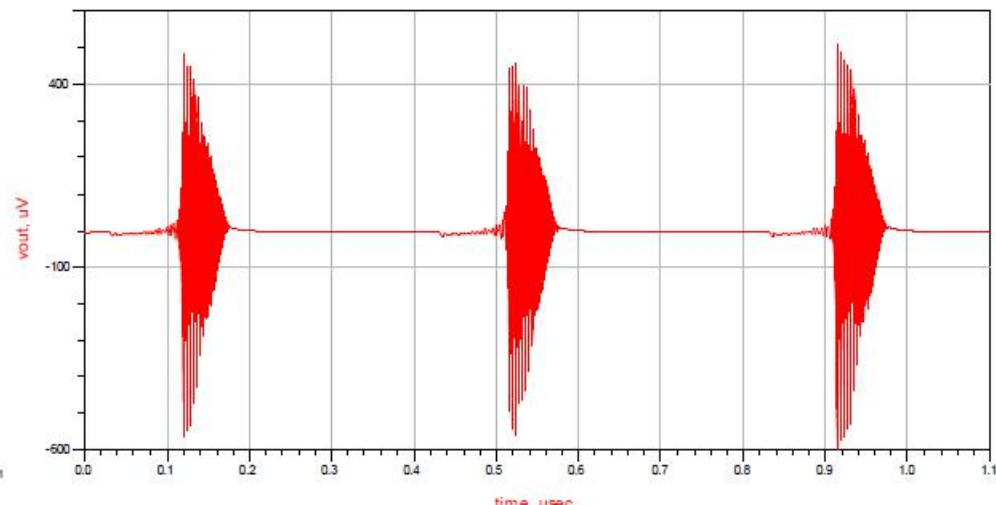


Рисунок 2 – Фрагмент радіоімпульсів з $\tau < 0.1$ мкс

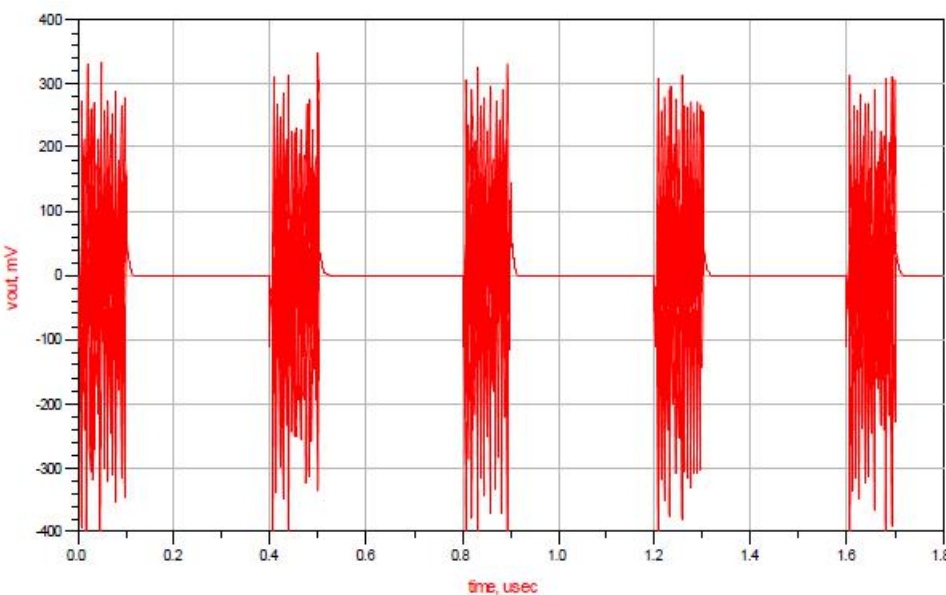


Рисунок 3 - Потік хаотичних радіоімпульсів

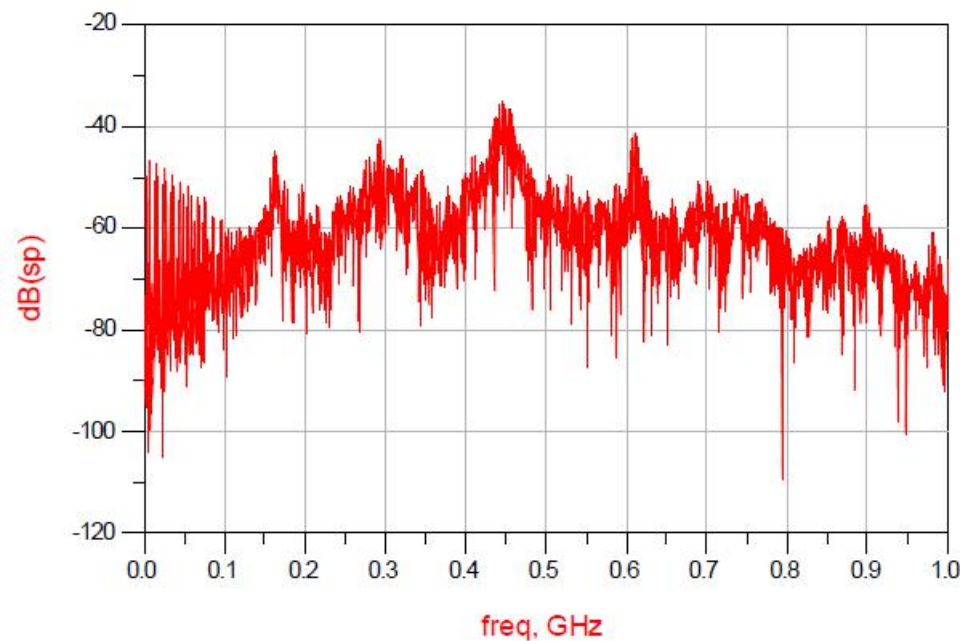


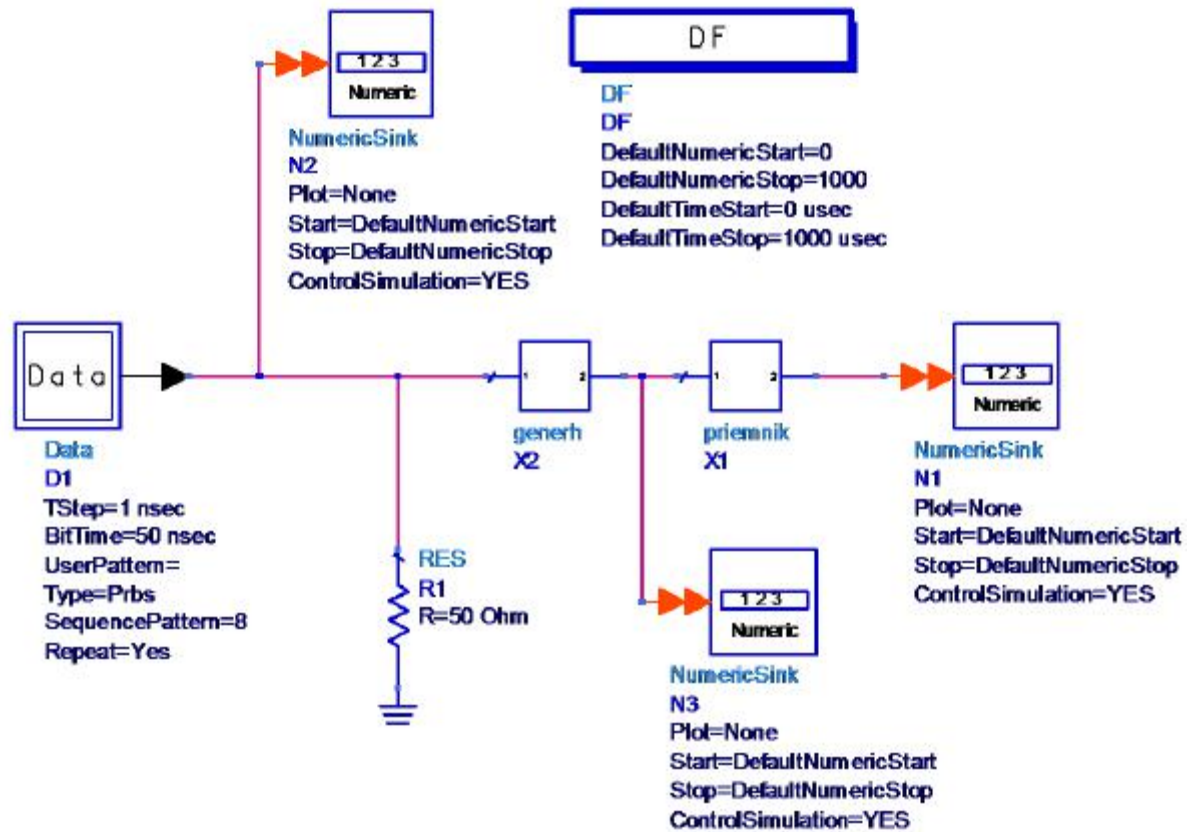
Рисунок 4 - Спектр потужності радіоімпульсів

Структурна схема прямохаотичної системи передачі інформації



Рисунок И.1 - Структура системи зв'язку на основі генератора хаосу:
а) приймальня частина, б) передавальна частина

Модель системи передачі цифрової інформації



Результати моделювання прямохаотичної системи передачі інформації

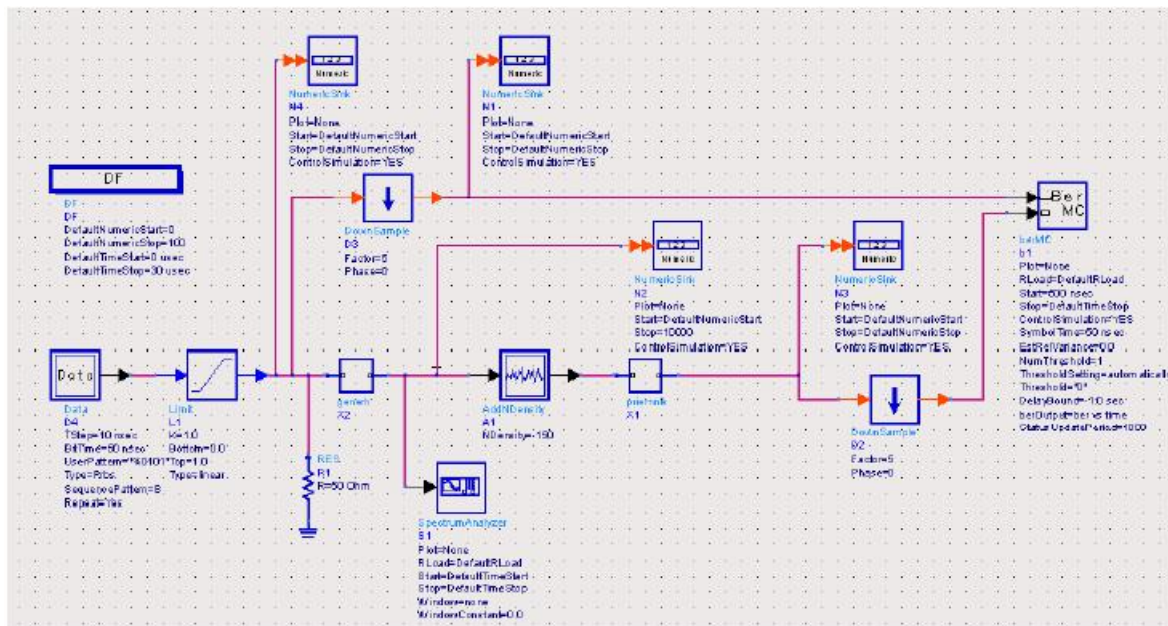
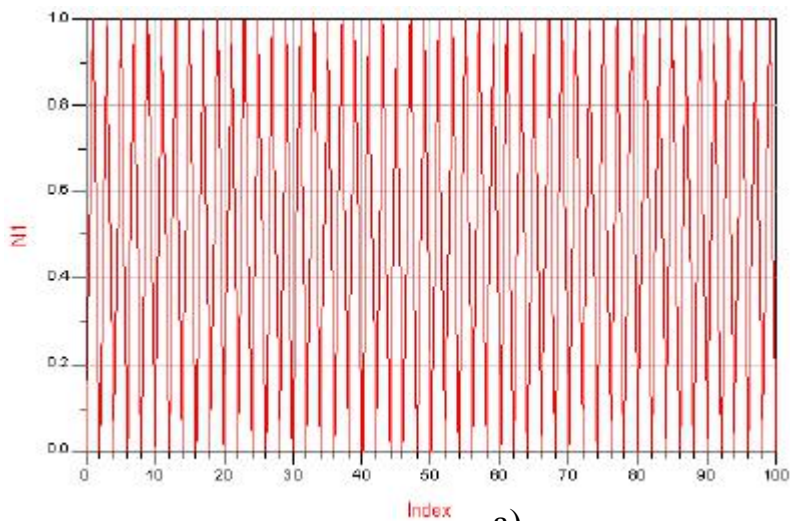
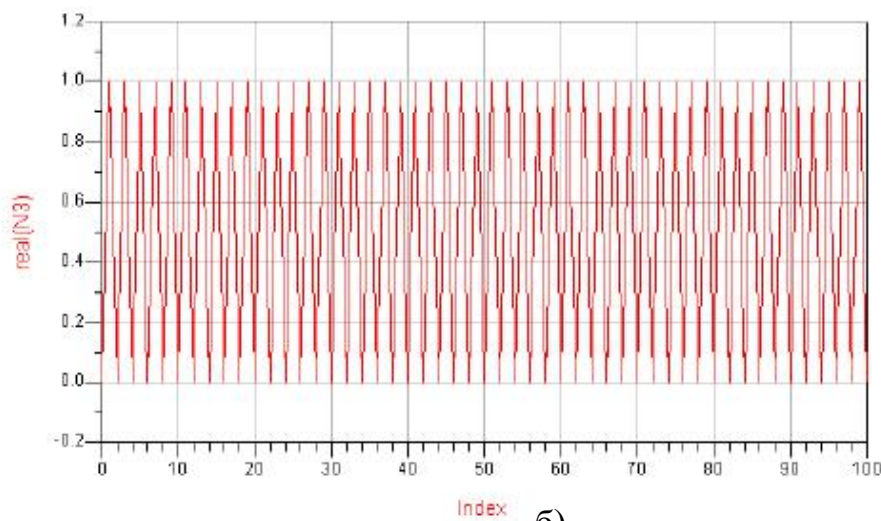


Рисунок К.1 – Модель прямохаотичної системи передачі інформації



а)



б)

Рисунок К.2 - Часові діаграми сигналу до обробки (а) і після обробки (б)

Доповідь завершена.

Дякую за увагу!