

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Кафедра радіотехніки

Дослідження динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в RLT електричних колах

Дипломна робота

на здобуття кваліфікації магістра

за спеціальністю 172 – телекомунікації та радіотехніка

Виконав – Шевчук Євгеній Ігорович

студент групи РТ-16м

Керівник дипломної роботи – **Семенов Андрій Олександрович,**

кандидат технічних наук, проф. каф. РТ

Вінниця - 2018

Мета та задачі роботи, предмет і об'єкт досліджень

Метою роботи є теоретичне та експериментальне дослідження сигналів динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в простих RLT електронних і оптико-електронних колах.

Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:

- огляд елементів математичної теорії інформаційно-ентропійного аналізу хаотичних сигналів;
- комп'ютерне схемотехнічне моделювання простих RLT електронних і оптико-електронних кіл;
- дослідження часових характеристик режиму детермінованого хаосу в RLT електронних і оптико-електронних колах;
- дослідження статистичних характеристик режиму детермінованого хаосу в RLT електронних і оптико-електронних колах;
- проведення розрахунків економічної частини та розділу охорони праці.

Об'єктом дослідження є процеси перетворення енергіє періодичних коливань у хаотичні коливання в простих RLT електричних колах.

Предметом дослідження часові та статистичні параметри та характеристики сигналів в простих RLT електричних колах у режимі детермінованого хаосу.

Наукова та практична новизна результатів, публікації та апробація результатів роботи

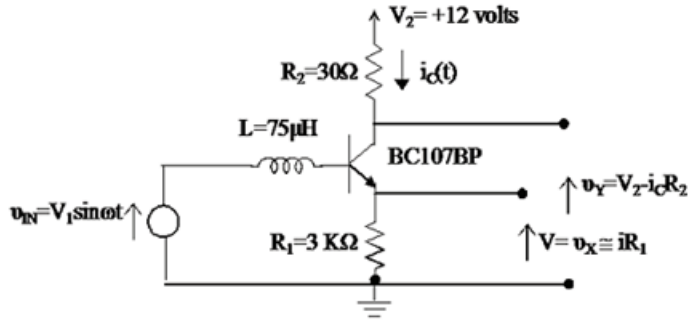
Наукова новизна одержаних результатів – отримав подальший розвиток інформаційно-ентропійний аналіз сигналів детермінованого хаосу в простих RLT електричних колах.

Практична новизна одержаних результатів – полягає в отриманих нових результатів експериментальних і модельних досліджень часових і статичних параметрів і характеристик сигналів в RLT електричних колах у режимі детермінованого хаосу.

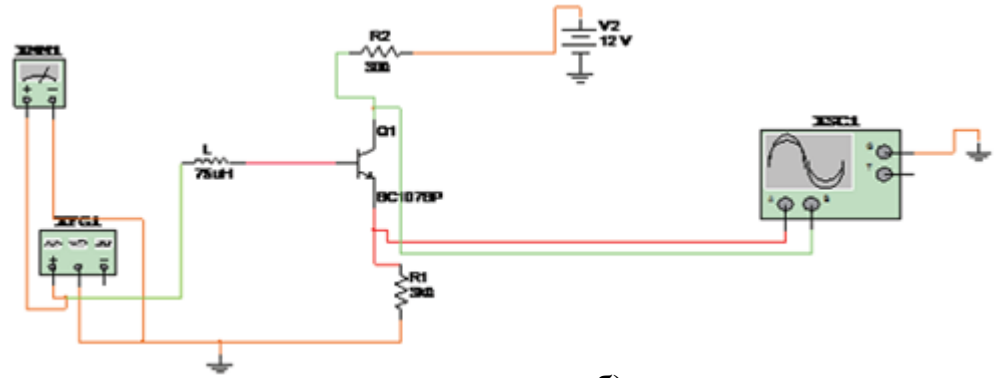
Апробація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідалися та обговорювалися на XLVI регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (м. Вінниця, 9-10 березня 2017).

Публікації. За темою досліджень автором опубліковано 1 статтю в збірнику праць міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (Вінниця, ВНТУ, 28-30 вересня 2017 р.).

Моделювання простого хаотичного RLT кола



а)



б)

Рисунок 1 – Схема електрична принципова (а) і комп'ютерна модель (б) хаотичної системи

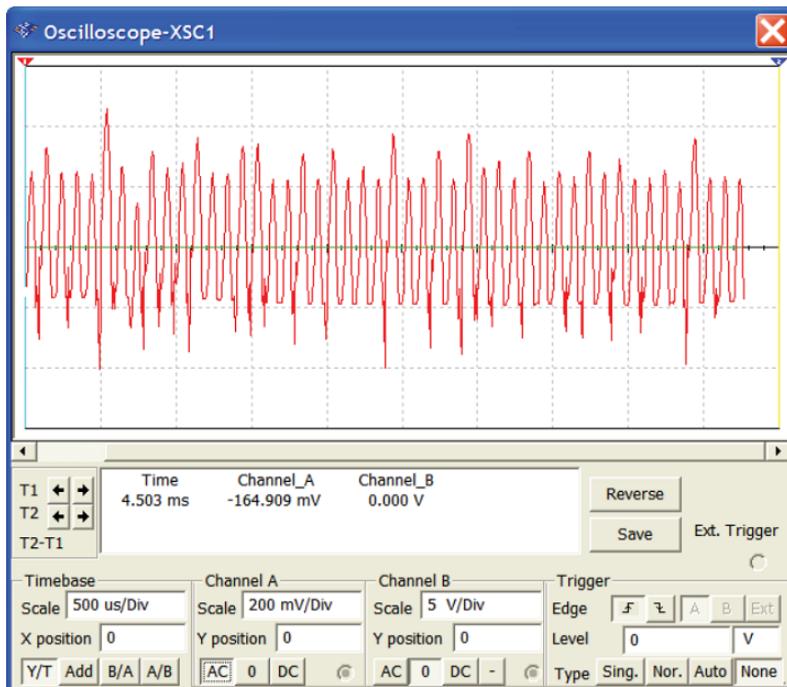


Рисунок 2 – Вихідний хаотичний сигнал на резисторі R_1

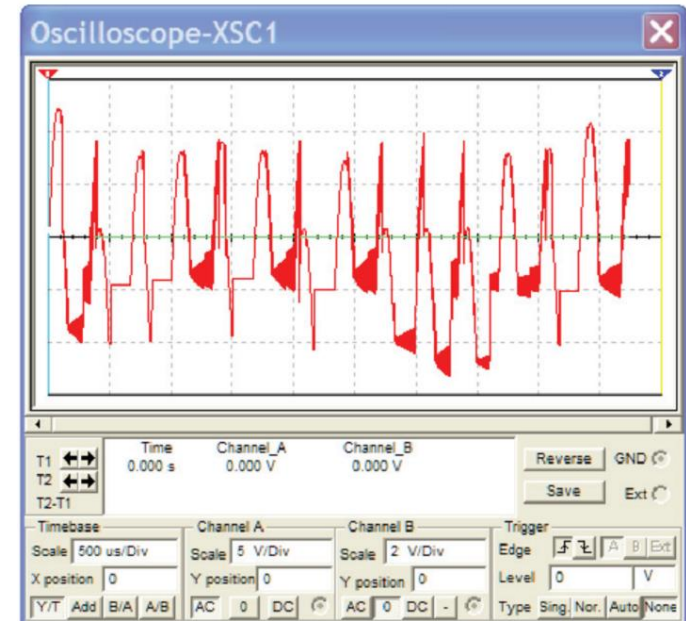


Рисунок 3 – Вихідний хаотичний сигнал при

$$v_{in} = V_1 \sin \omega t \quad V_1 = 13 \text{ В} \quad f_{IN} = 3 \text{ кГц}$$

Експериментальні результати дослідження простого RLT кола

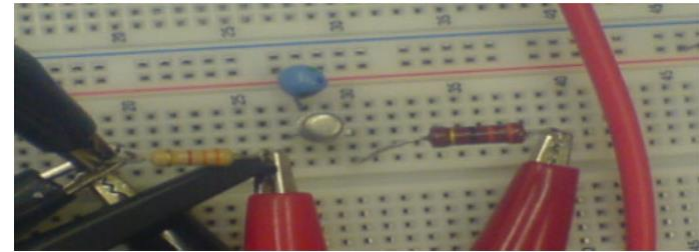
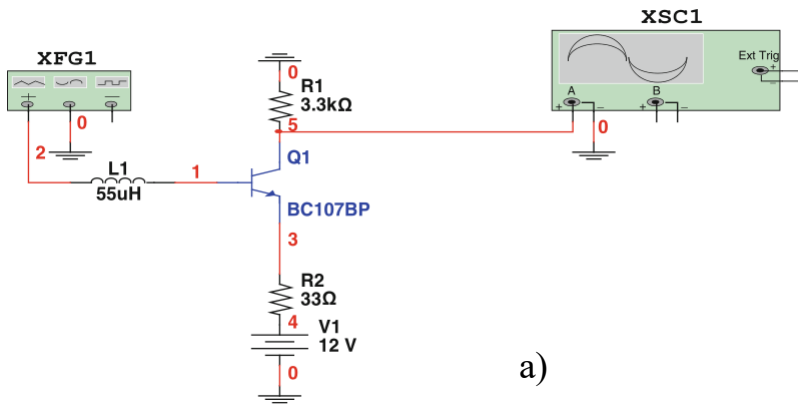


Рисунок 1 - Схематичне зображення досліджуваного кола (а) та його лабораторний макет (б)

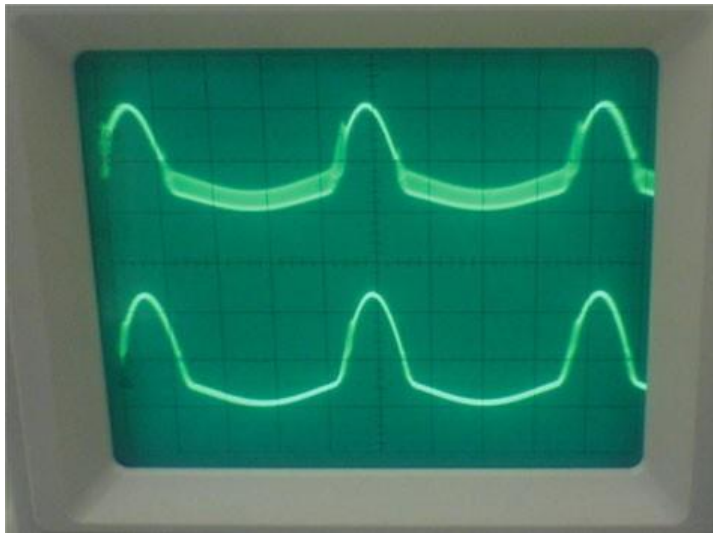


Рисунок 2 – Осцилограма сигналу $V_C(t)$ який проходить через резистор R_1

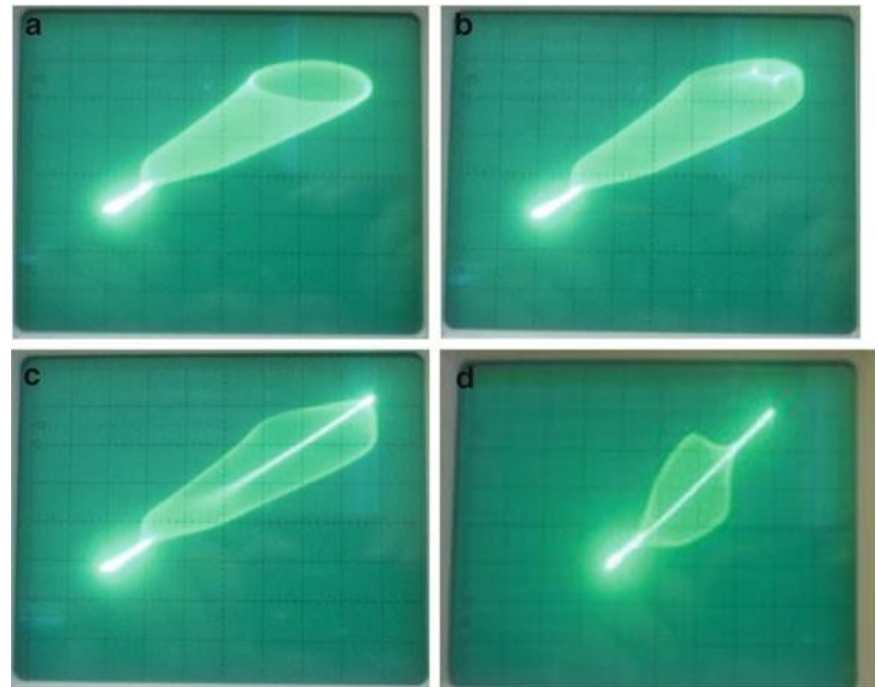


Рисунок 3 – Фазові портрети RLT кола

Реконструкція часової діаграми сигналу методом найближчих сусідів

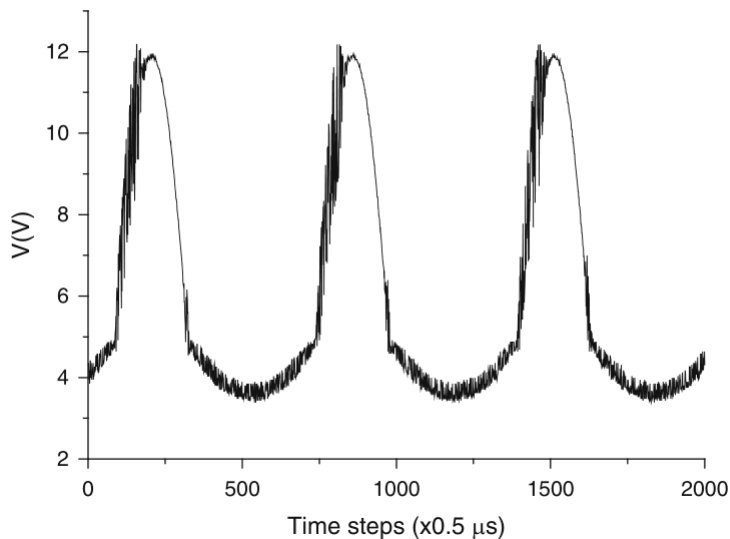


Рисунок 1 – Вихідний хаотичний сигнал $U=U_C(t)$

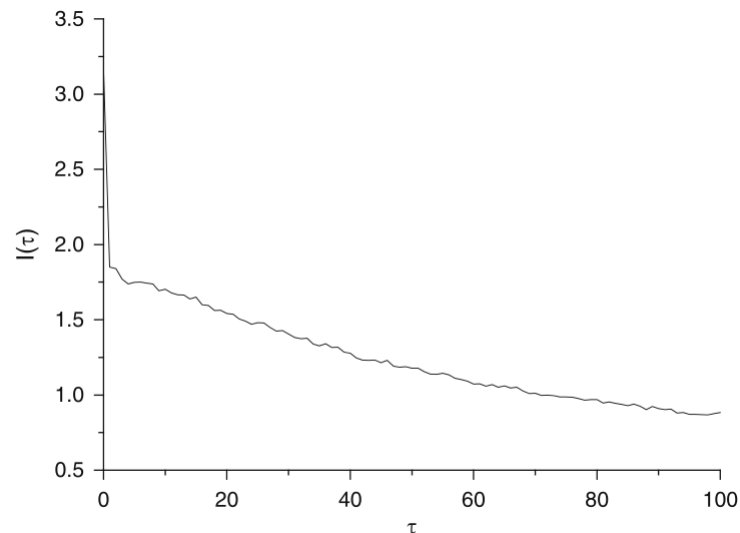


Рисунок 2 – Середня кількість передавання інформації $I(\tau)$, на протязі часу τ

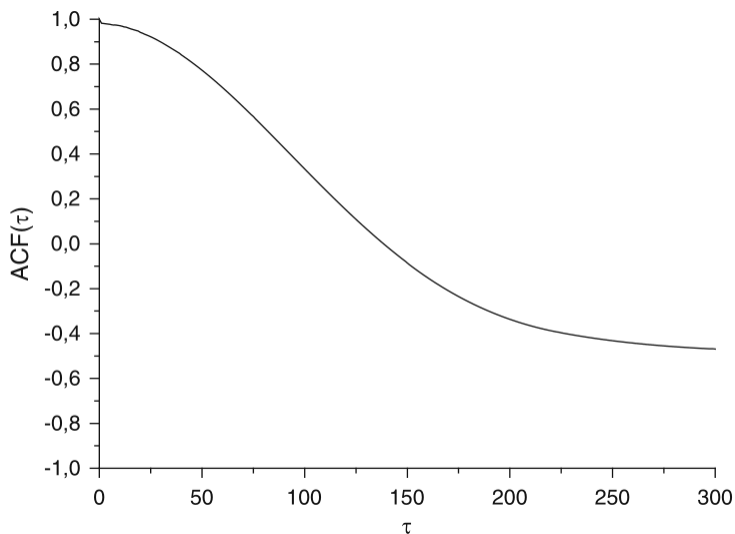


Рисунок 3 – Автокореляційна функція на протязі часу τ

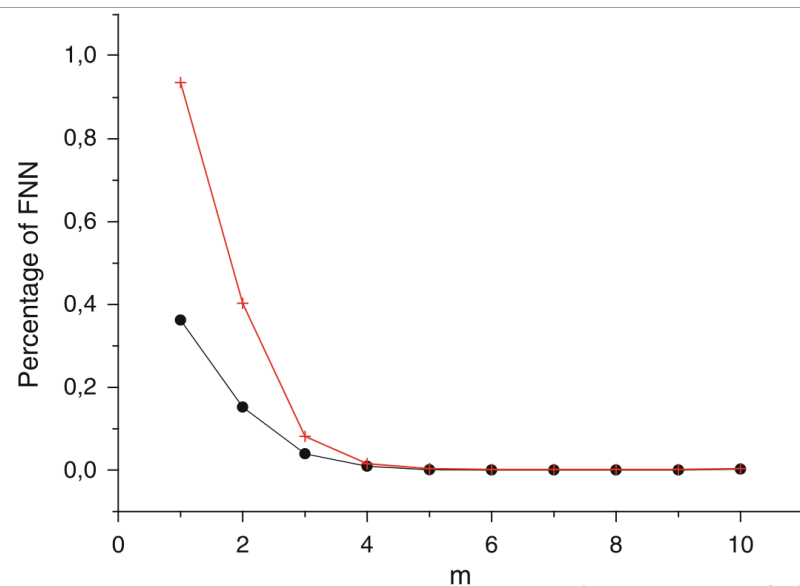


Рисунок 4 – Процент неправдивих найближчих сусідів до (чорна лінія) та після (червона лінія) шумоподавлення

Визначення інтенсивності хаосу простого RLT кола

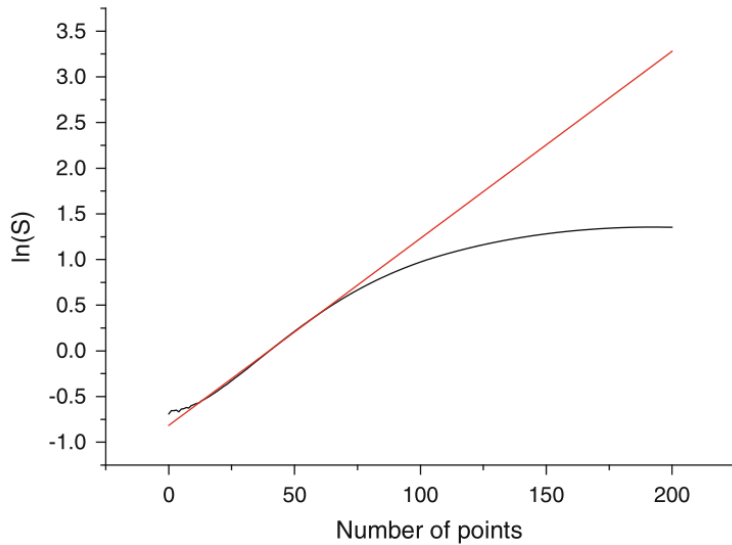


Рисунок 1 – Оцінка найбільшого показника Ляпунова за методом Розенштейна

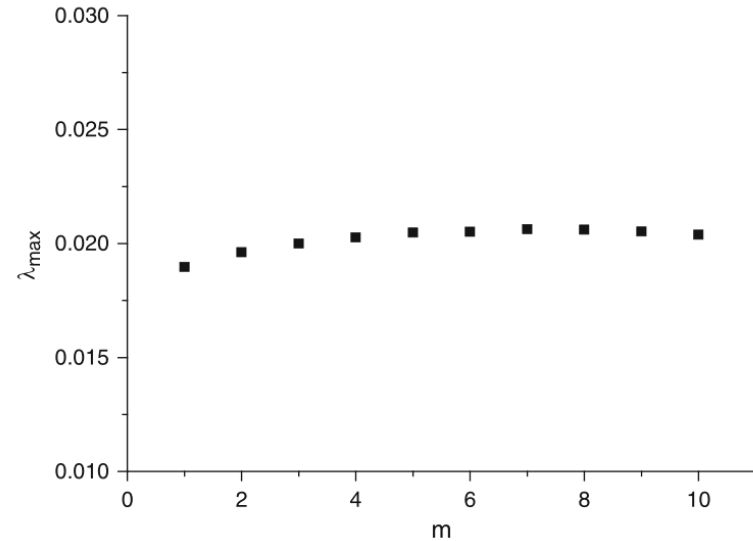


Рисунок 2 – Найбільше значення λ_{max} по величині m

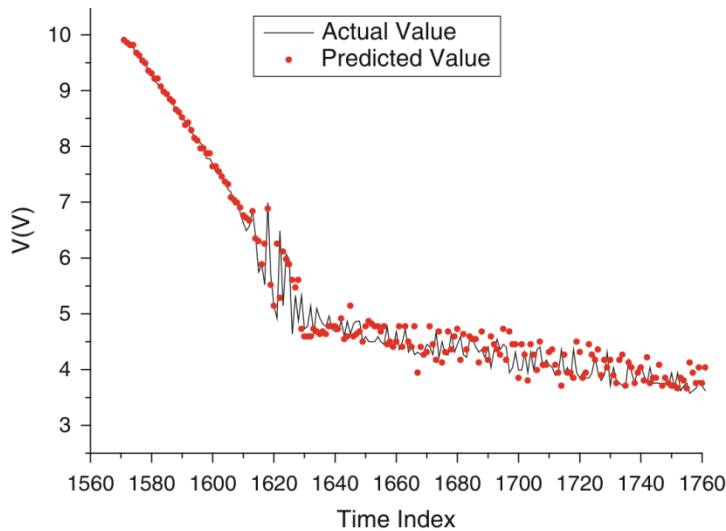


Рисунок 3 – Багатоступеняве прогнозування коливань напруги яка проходить через колекторний резистор R_1

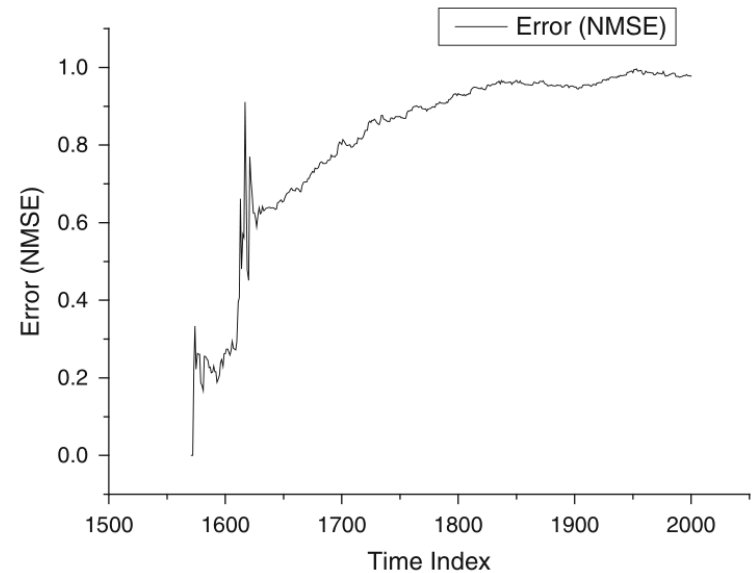


Рисунок 4 – Середня квадратична помилка вимірів нормалізована середньою квадратичною похибкою, отриманою за допомогою прогнозування

Моделювання хаотичного оптико-електронного RLT кола

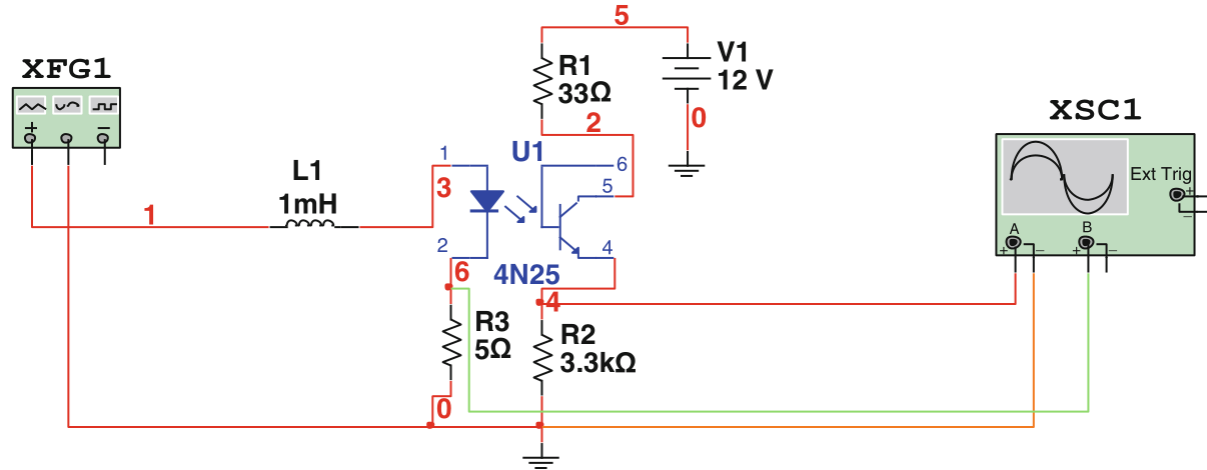


Рисунок 1 – Оптико-електронна схема зроблена в Multisim 10.1

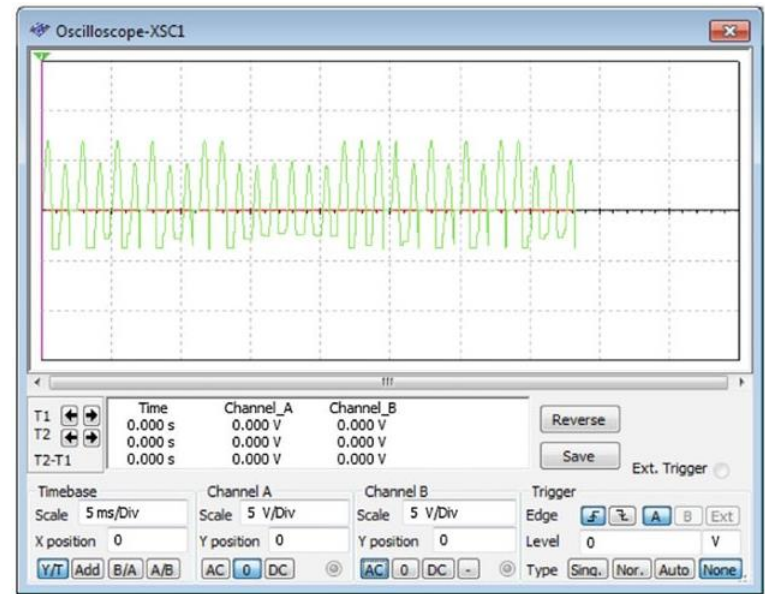
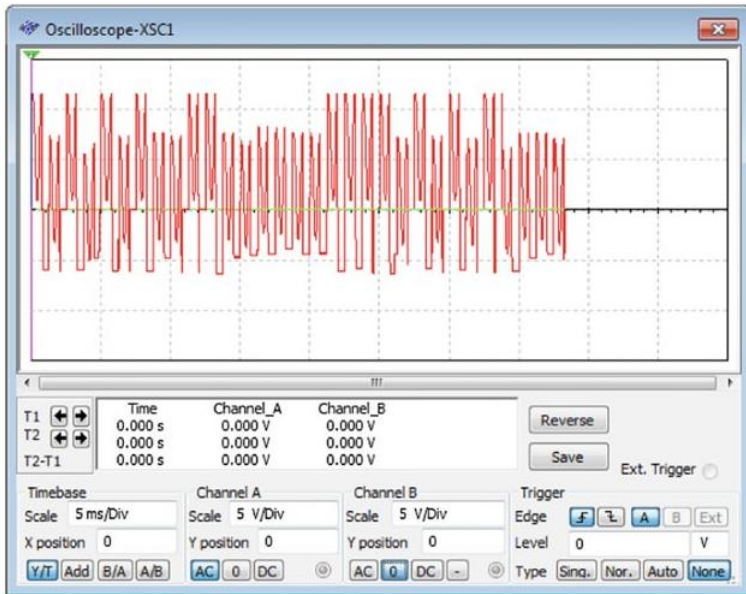


Рисунок 2 – Вихідний хаотичний сигнал $U=U(t)$ який проходить через резистор R_2 (а) і через LED резистор (б) в оптико-електронному колі з $R = 5 \text{ Ом}$

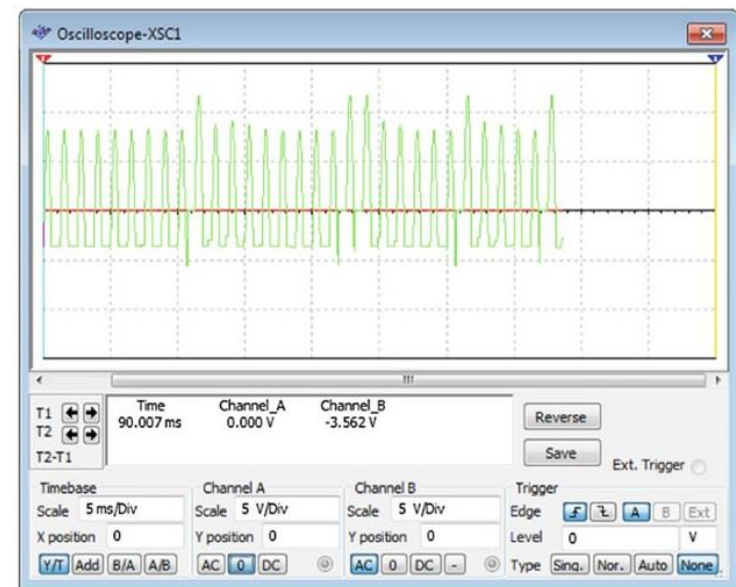
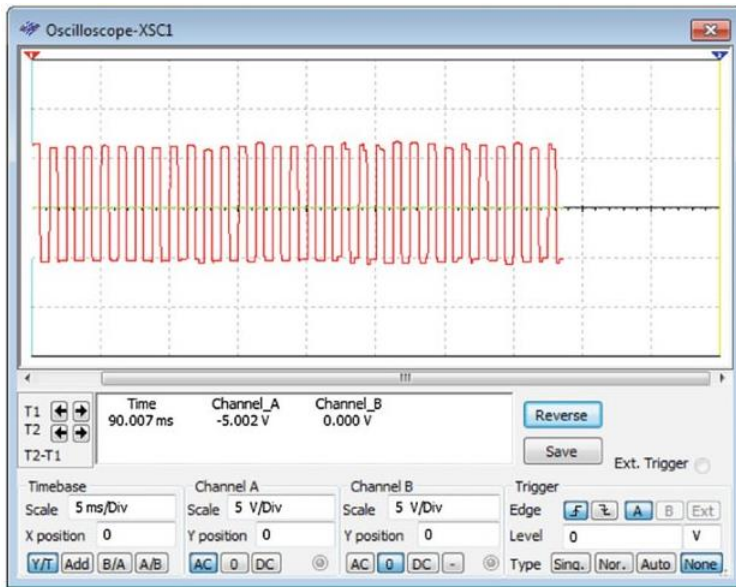


Рисунок 1 - Не хаотичний сигнал $U=U(t)$ який проходить через резистор R_2 (а) і слабкий хаотичний сигнал який проходить через LED резистор (б) в оптико-електронному колі з $R_3 = 500 \text{ Ом}$

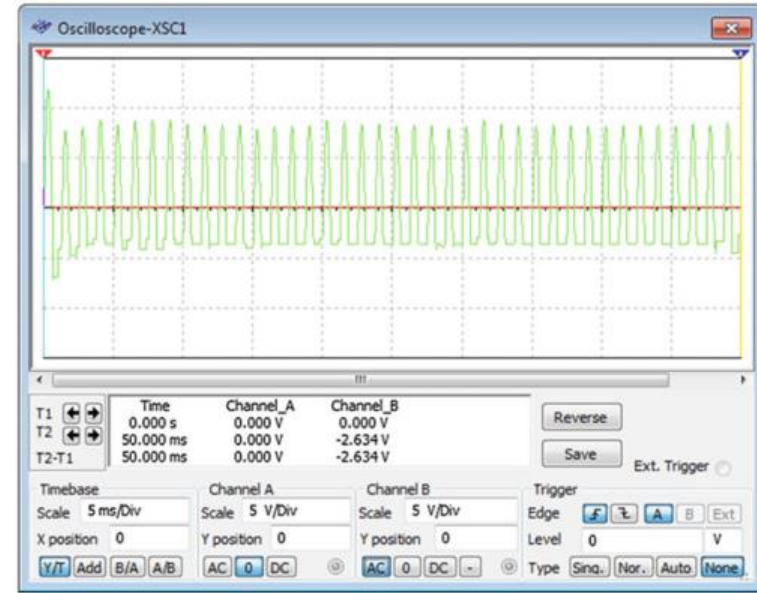
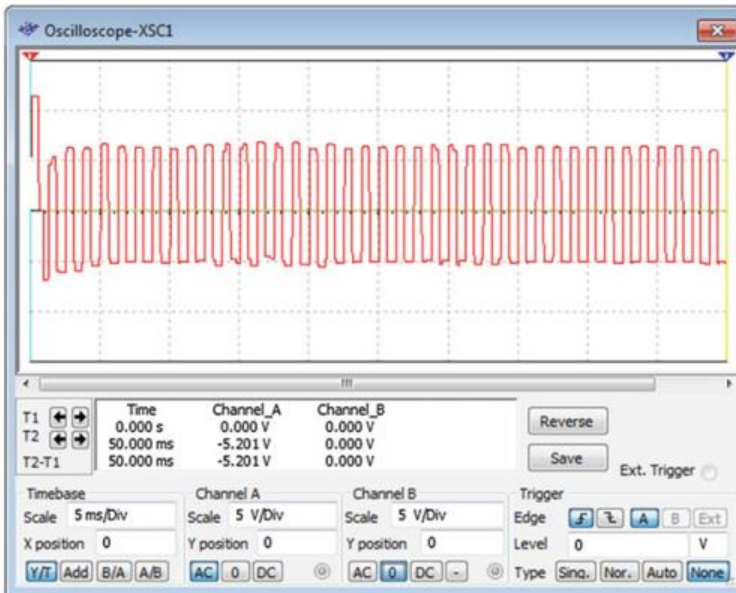


Рисунок 2 – Не хаотичний сигнал $U=U(t)$ який проходить через резистор R_2 (а) і не хаотичний сигнал який проходить через LED резистор (б) оптико-електронного кола з $R_3 = 1 \text{ кОм}$

Нелінійний аналіз хаотичних процесів в оптико-електронному RLT колі

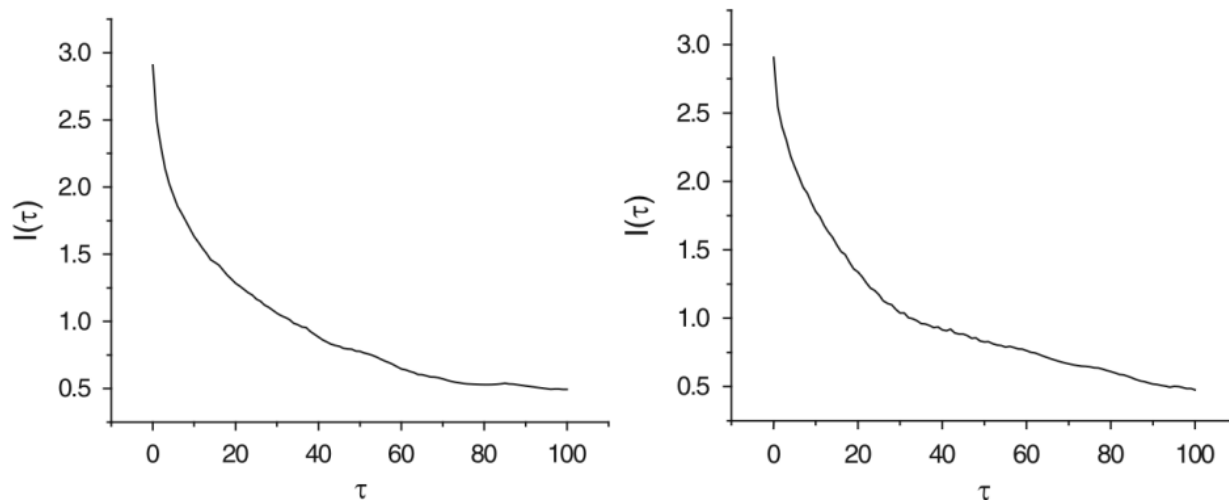


Рисунок 1 - Відношення $I(t)$ для 2 кіл хаотичного сигналу який проходить через емітерний резистор R_2 (зліва), і для хаотичного сигналу який проходить через LED резистор (справа)

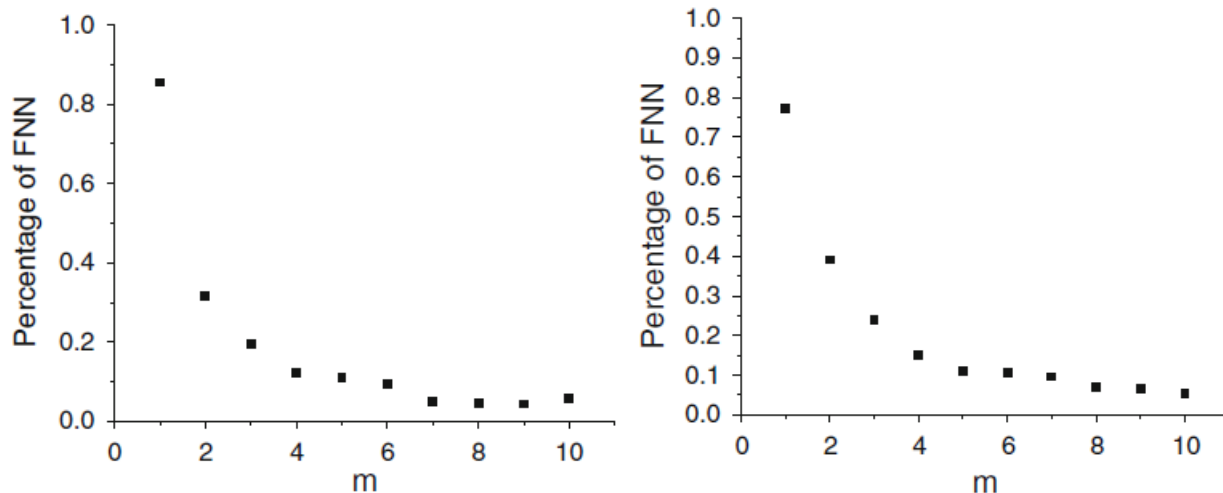
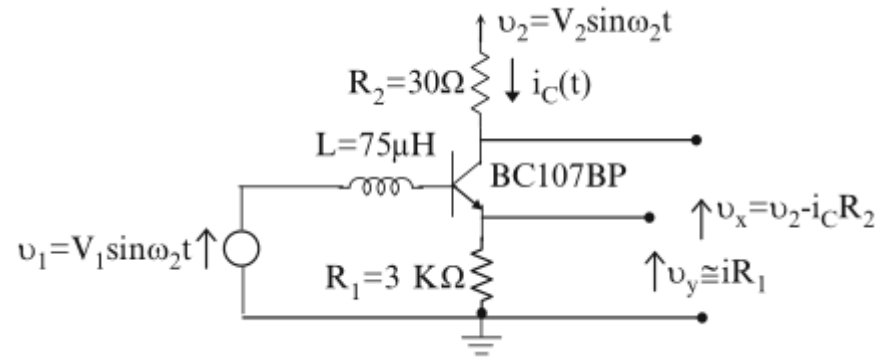
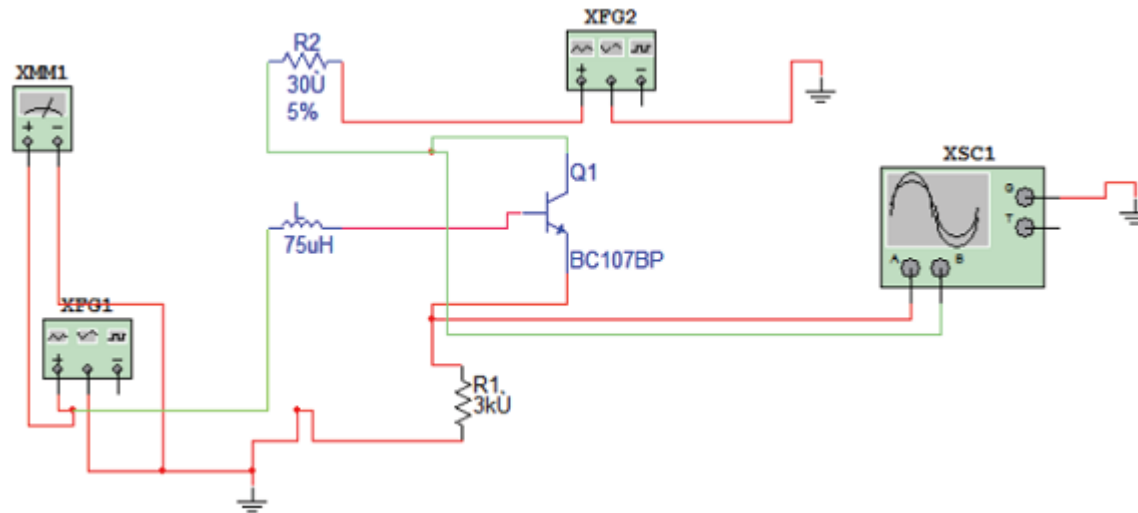


Рисунок 2 - Помилка співвідношення ближнього сусіда як функції розміру вкладення. Невірні найближчі сусіди стають незначними після $m = 5$ для хаотичного сигналу через емітерний резистор R_2 (верхній графік) та для хаотичного сигналу через світлодіодний резистор (нижній графік) для оптико-електронного кола з $R_3 = 5 \text{ Ом}$

Моделювання складного хаотичного RLT кола



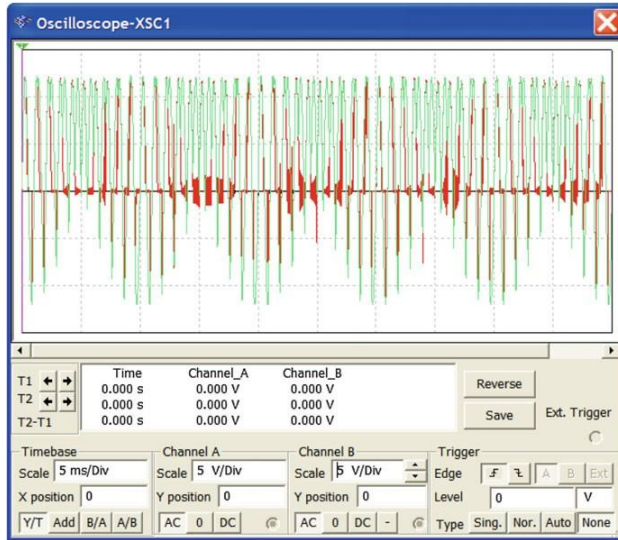
a)



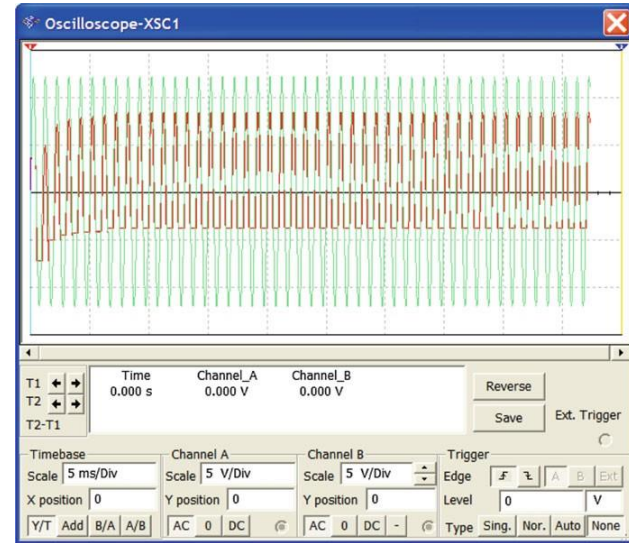
б)

Рисунок 1 - Досліджуване RLT коло (а) та його середовище моделювання (б)

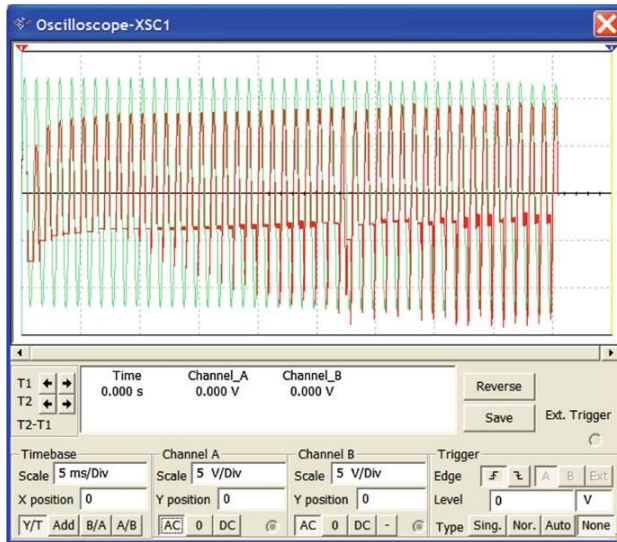
Результати моделювання досліджуваного RLT кола



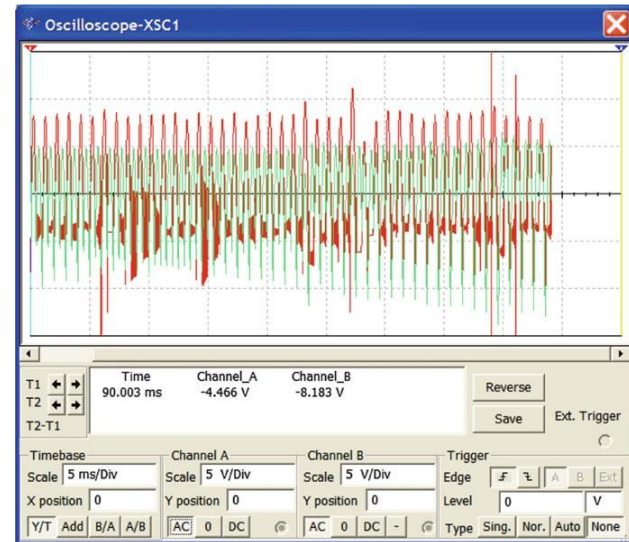
а) $f_1 = 1$ кГц і $f_2 = 900$ Гц обидва є хаотичними



б) з частотами $f_1 = f_2 = 1$ кГц обидва є періодичними



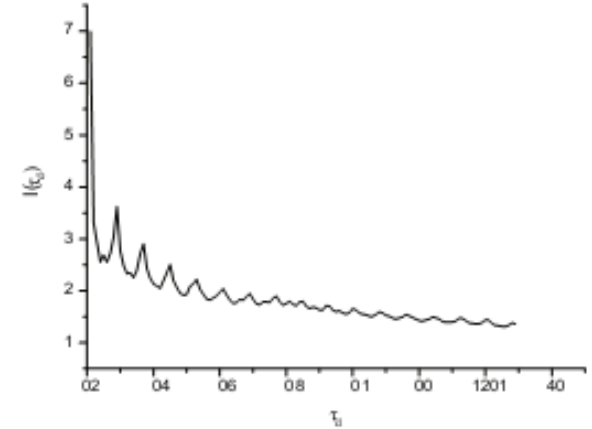
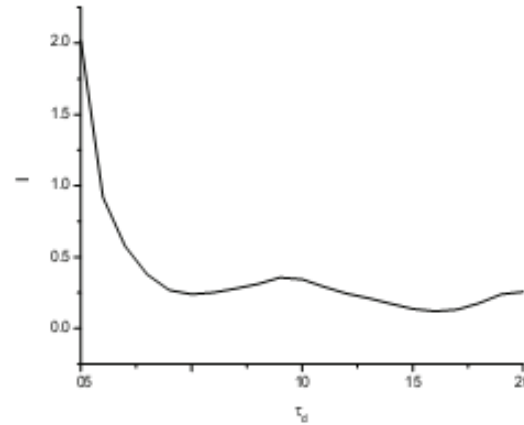
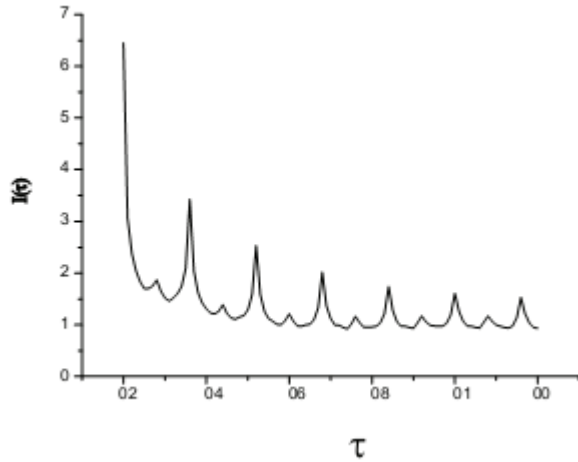
в) $f_1 = 1$ кГц і $f_2 = 900$ Гц періодичний та хаотичний



г) $f_1 = 1$ кГц і $f_2 = 995$ Гц обидва є хаотичними

Рисунок 2 – Вихідні хаотичні сигнали

Середня взаємна інформаційна функція досліджуваних хаотичних RLT кіл



$$C(r) = \frac{1}{N_{pairs}} \sum_{\substack{l=1 \\ j=l+w}}^N H(r - \|\bar{X}_l - \bar{X}_j\|),$$

де N – кількість відповідних відліків часу, H – функція Хевісайда

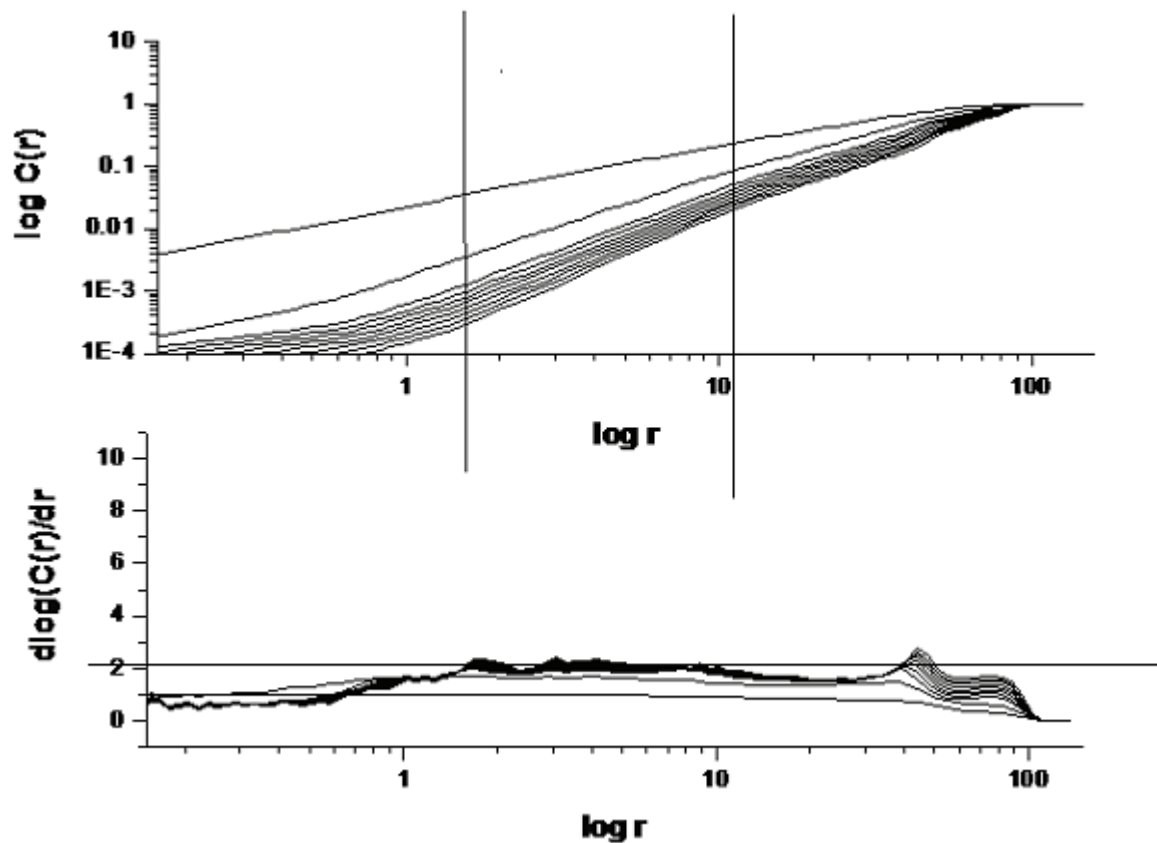
$$N_{pairs} = \frac{2}{(N - m + 1)(N - m + 1)}$$

де m - розмір вкладення.

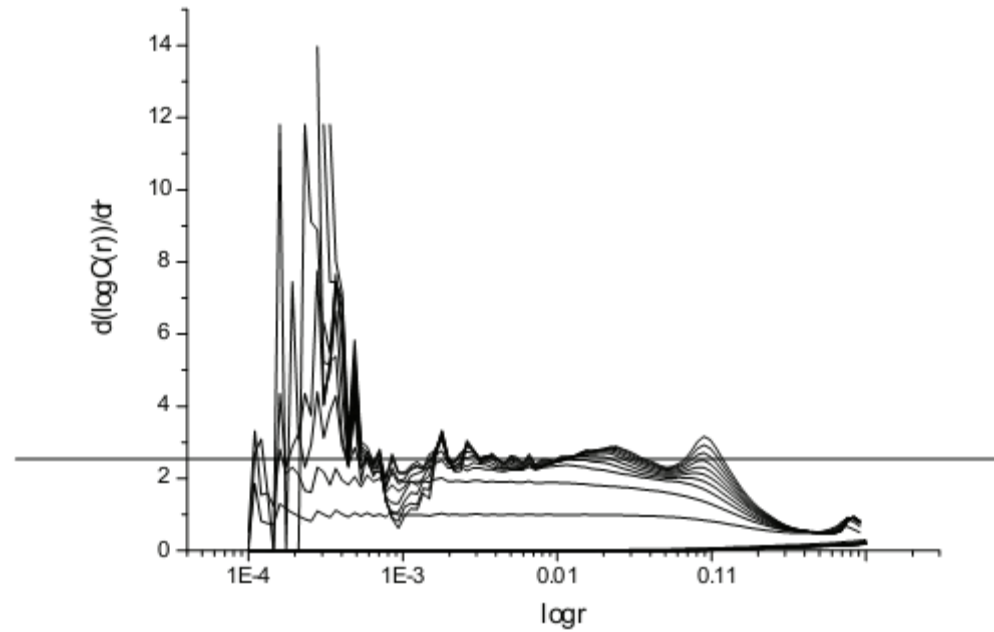
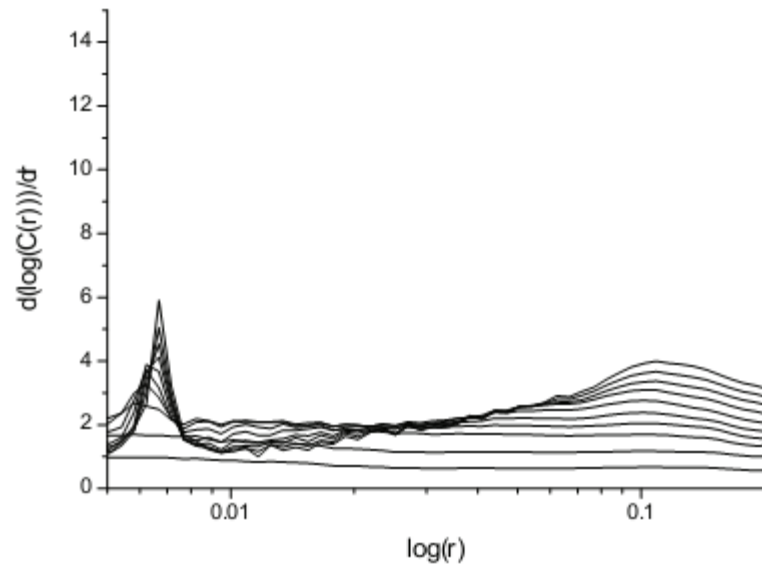
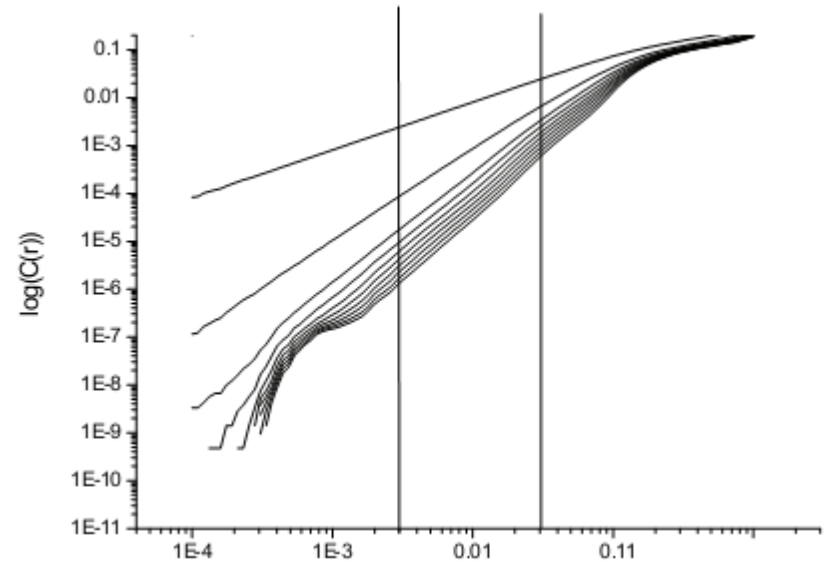
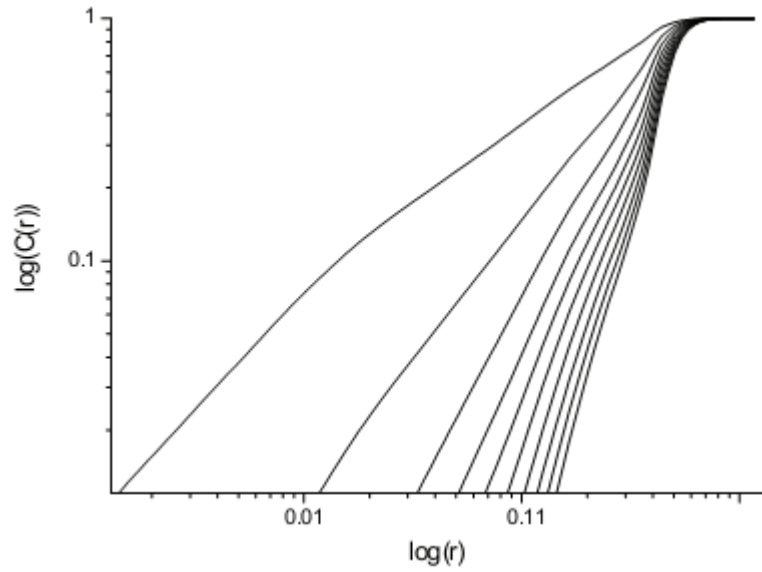
У просторі m кожен вектор буде заданий

$$\vec{X}_l = \{V(t_i); V(t_i + \tau_d); V(t_i + \tau_d); \dots V((m-1)t_i + \tau_d)\}$$

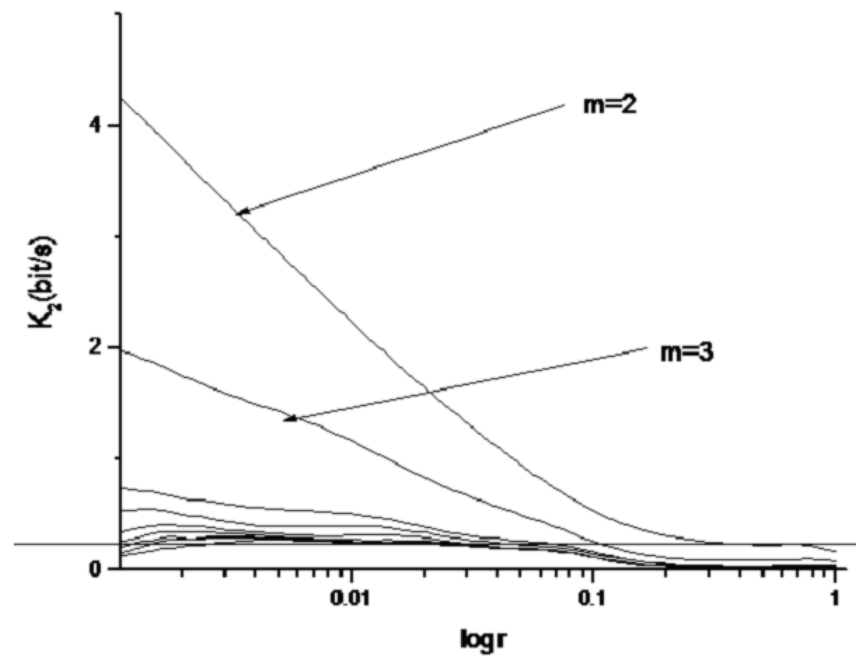
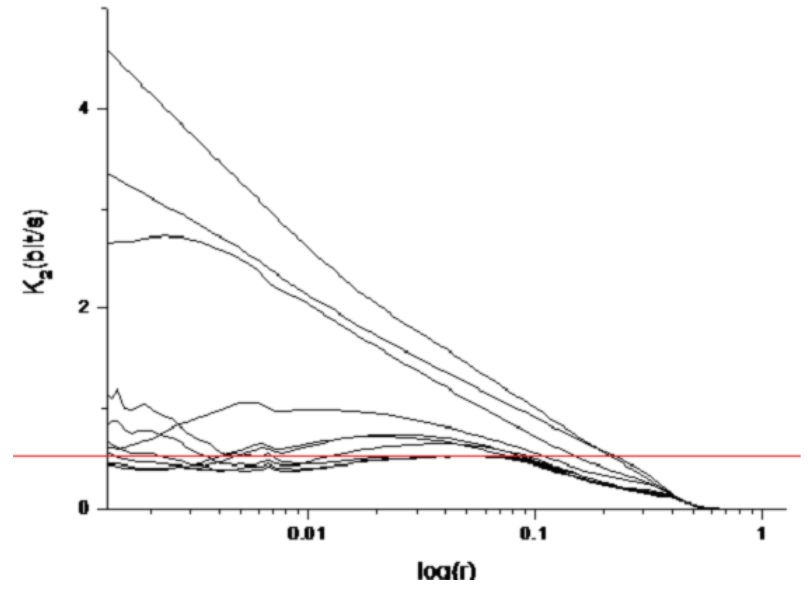
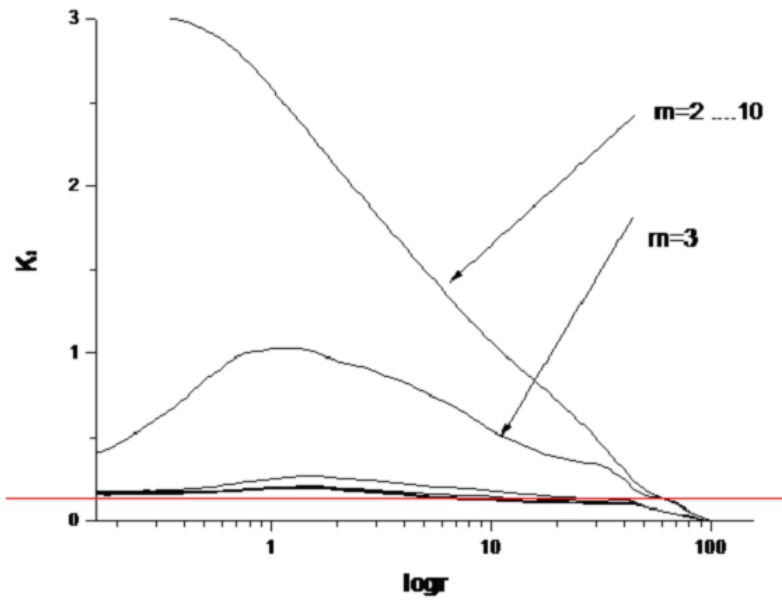
Оцінювання кореляційного інтеграла хаотичних сигналів простого RLT кола



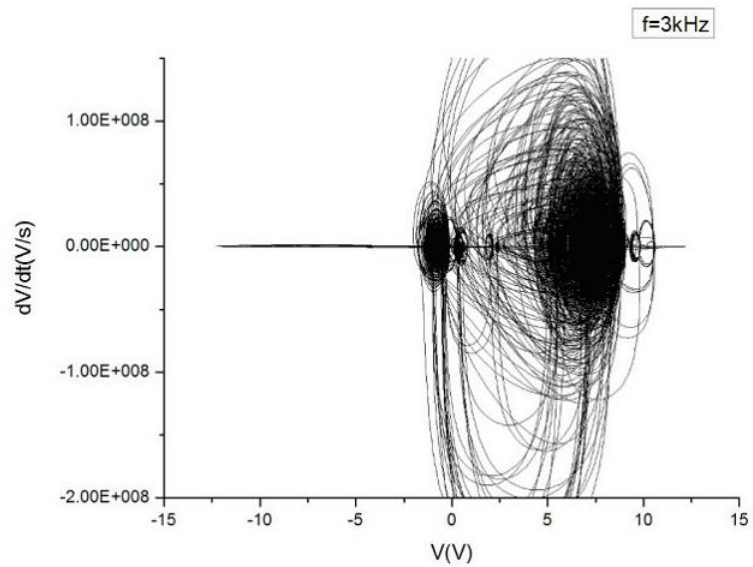
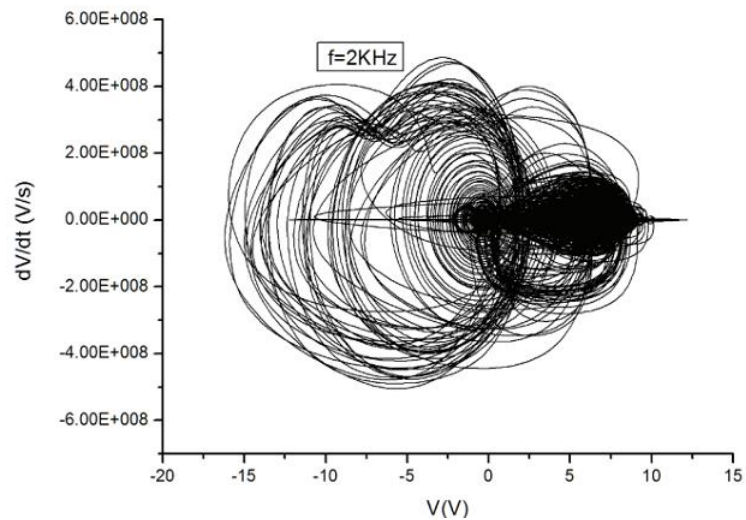
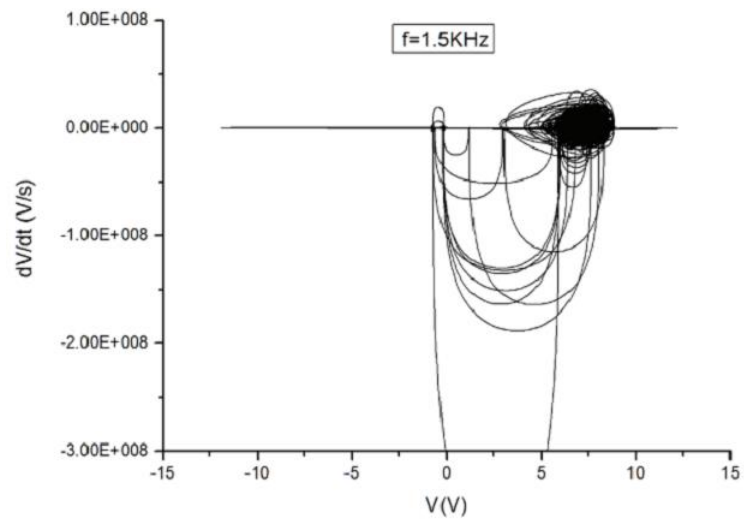
Оцінювання кореляційного інтеграла хаотичних сигналів



Графіки ентропії Коломогорова досліджуваних хаотичних RLT кіл



Графіки модифікації дивного атрактора простого RLT кола



Доповідь завершено.
Дякую за увагу