

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Кафедра радіотехніки

Дослідження динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в RLD електричних колах

Дипломна робота

на здобуття кваліфікації магістра

за спеціальністю 172 – телекомунікації та радіотехніка

Виконав – Чернявський Андрій Васильович

студент групи РТ-16м

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

канд. техн. наук, професор 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 математичної теорії характеристик динамічного хаосу;
- комп'ютерне схемотехнічне моделювання динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в RLD електричних колах;
- дослідження часових характеристик динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в RLD електричних колах;
- дослідження статистичних характеристик динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в RLD електричних колах;
- проведення розрахунків економічної частини та розділу охорони праці.

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

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

Наукова та практична новизна результатів, публікації та апробація результатів роботи

Наукова новизна одержаних результатів – отримав подальший розвиток статистичний аналіз сигналів детермінованого хаосу в простих RLD електричних колах.

Практична новизна одержаних результатів – полягає в отриманих нових результатів експериментальних і модельних досліджень часових і статичних параметрів і характеристик сигналів в RLD 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.).

Комп'ютерне моделювання неавтономної керуючої схеми резисторно-індуктивного діоду

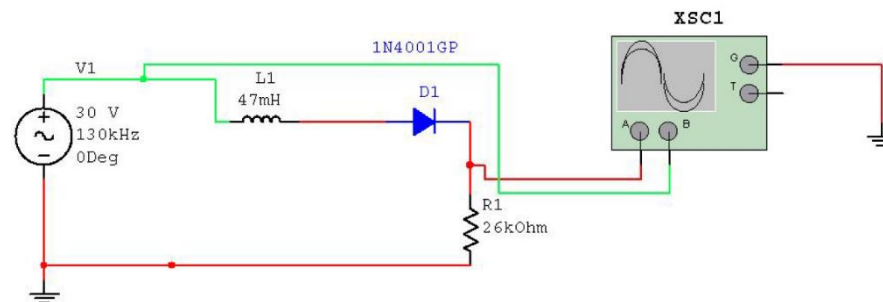
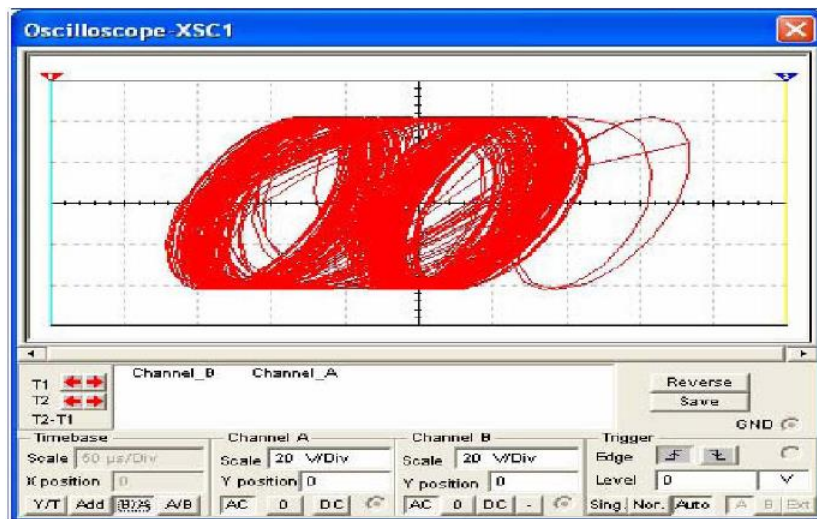
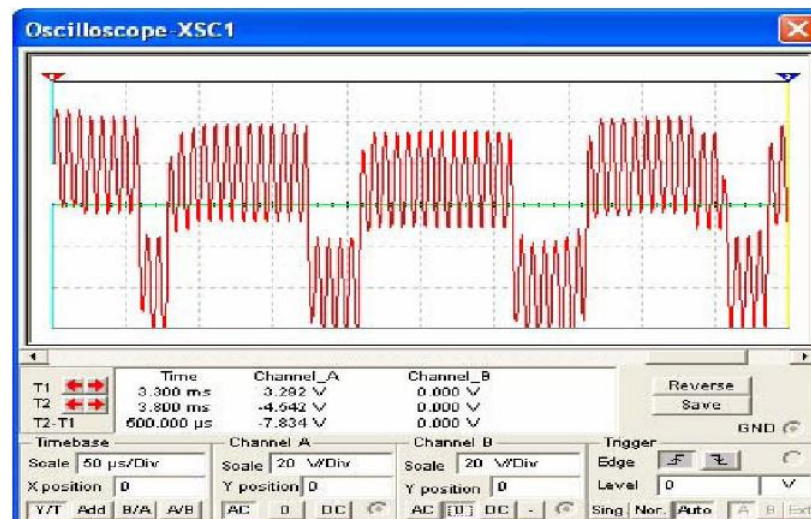


Рисунок 1 – Хаотична схема простого RLD кола в Multisim 10.1



а)



б)

Рисунок 2 – Результати комп'ютерного моделювання хаотичної схема простого RLD кола в Multisim 10.1: а) фазовий портрет, б) осцилограма напруги на резисторі

Результати статистичної обробки даних комп'ютерного моделювання хаотичного RLD кола

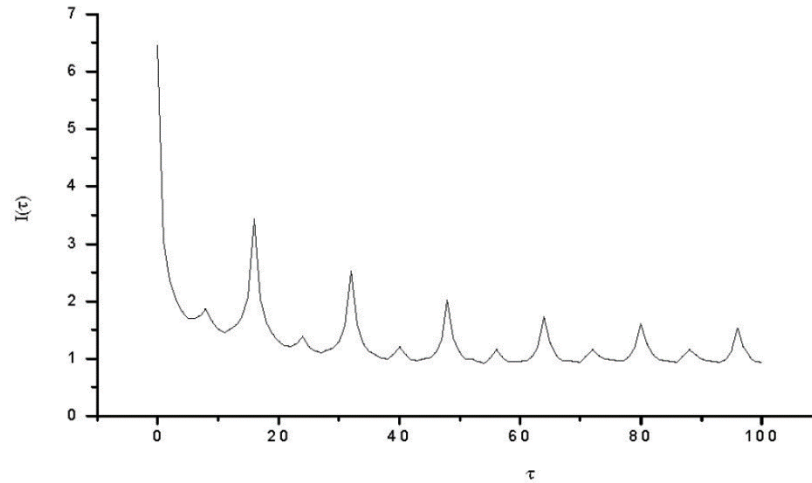


Рисунок 1 – Залежність середньої взаємної інформації $I(\tau)$ відносно часу затримки τ

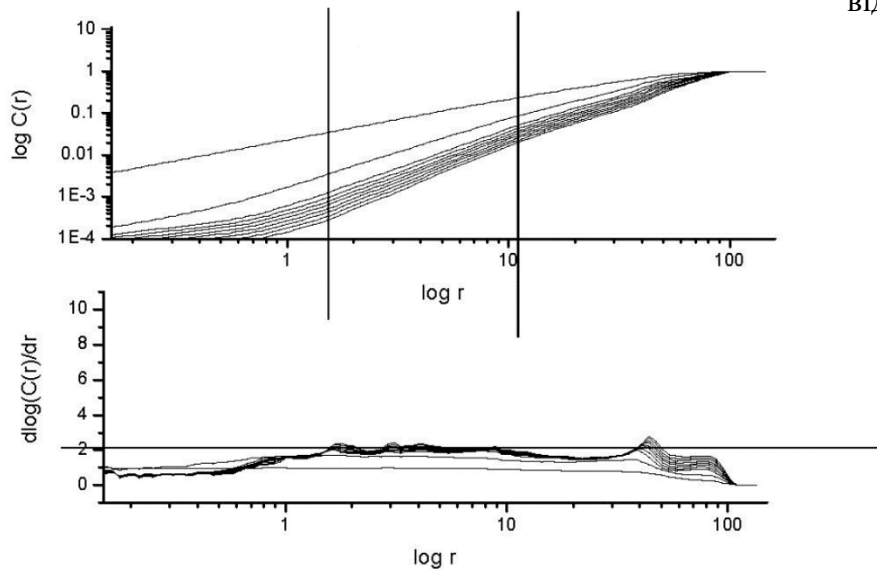


Рисунок 2 - Відношення кореляційного інтегралу $C(r)$ відносно $\log r$ для різних розмірів вкладки m (верхній графік); відповідні нахили і область масштабування (нижній графік)

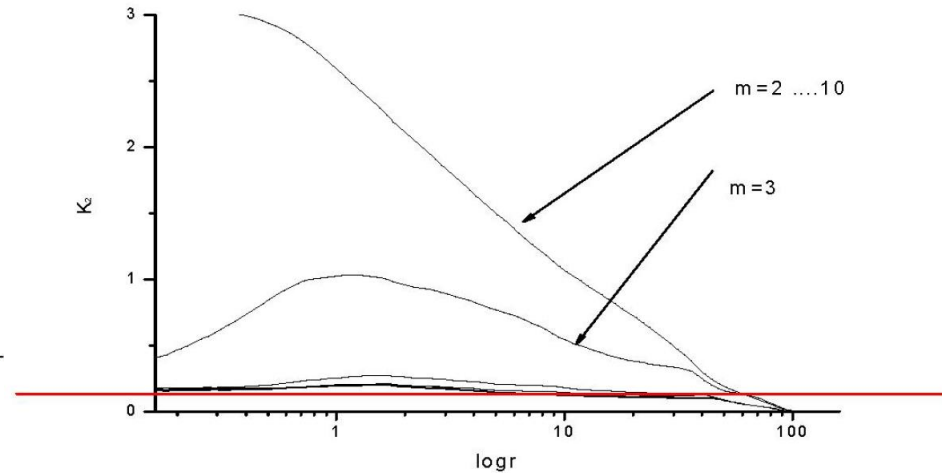


Рисунок 3 – Графік залежності ентропії Колмогорова від $\log r$ для різних розмірів вбудовування m

Прогнозування часових характеристик хаотичних сигналів RLD кола

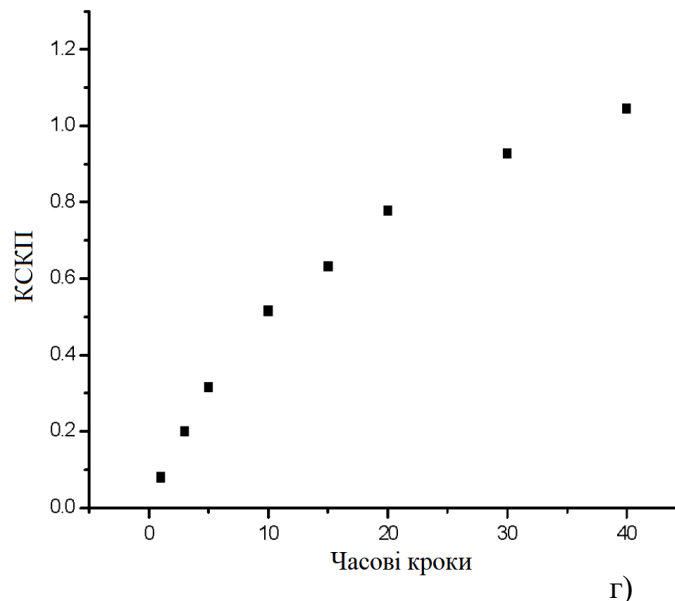
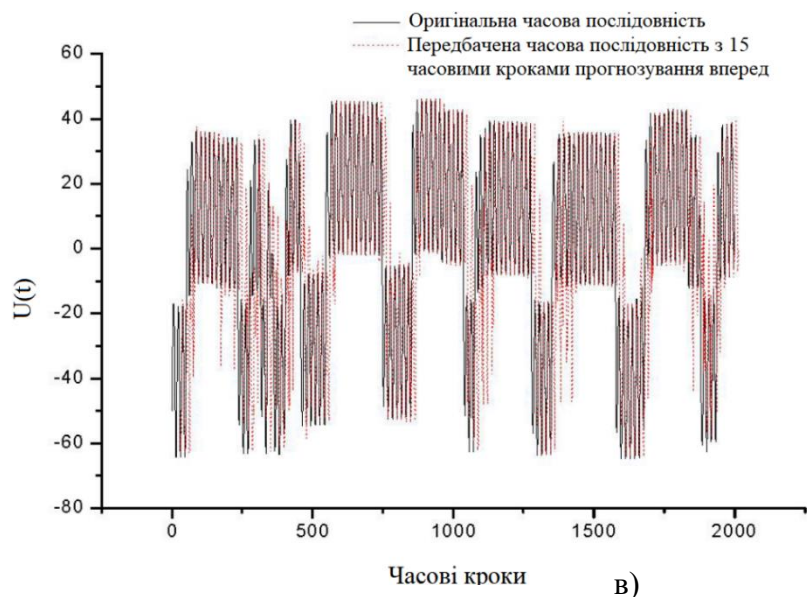
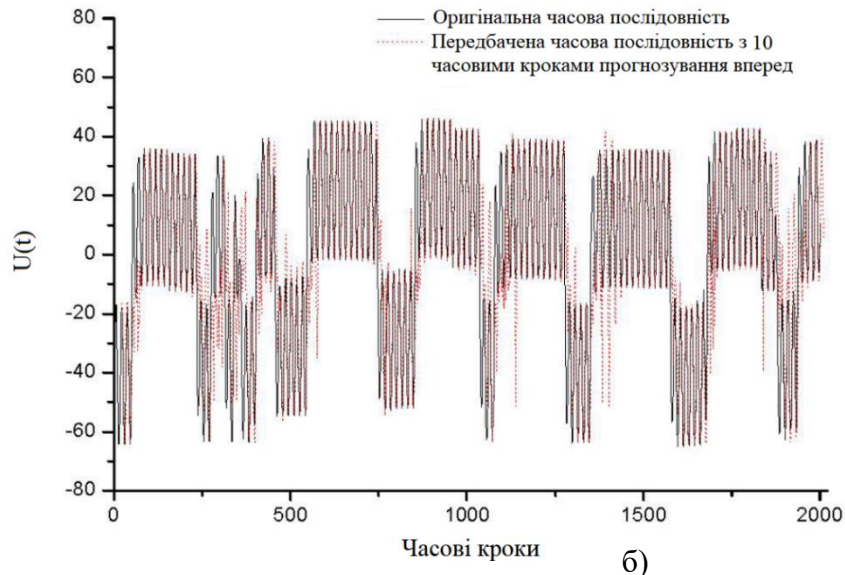
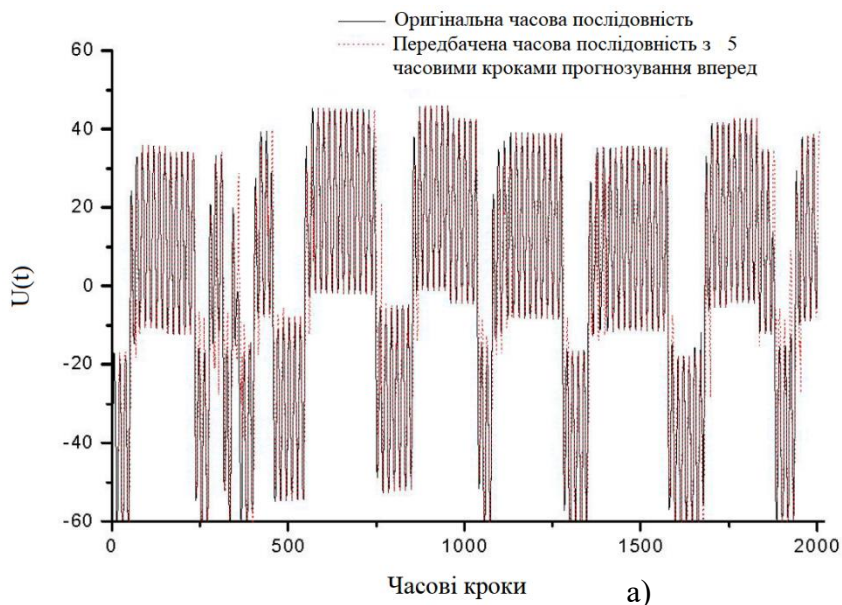


Рисунок 1 – Фактичні та прогнозовані часові послідовності для $r = 5$ (а), $r = 10$ (б), $r = 15$ (в) часових кроків вперед та графік класичної середньоквадратичної похибки (КСКП) (г)

Порівняння результатів комп'ютерного моделювання та експериментального дослідження RLD електричного кола

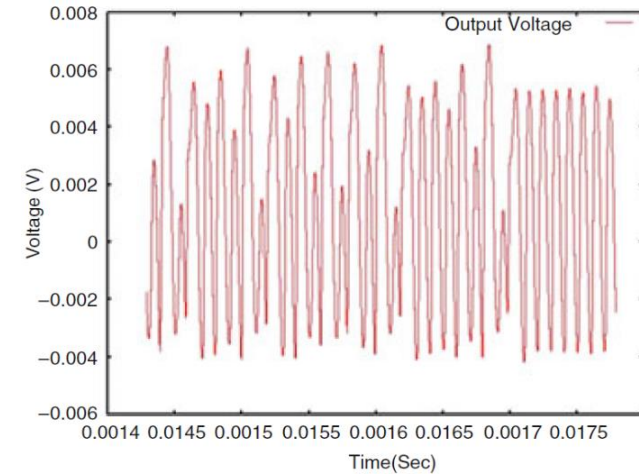
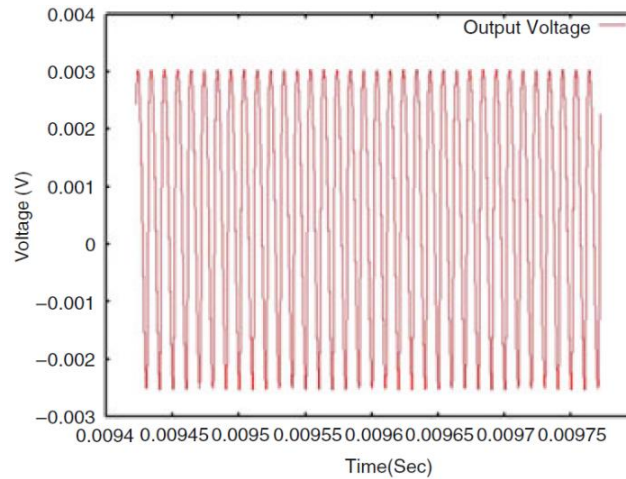
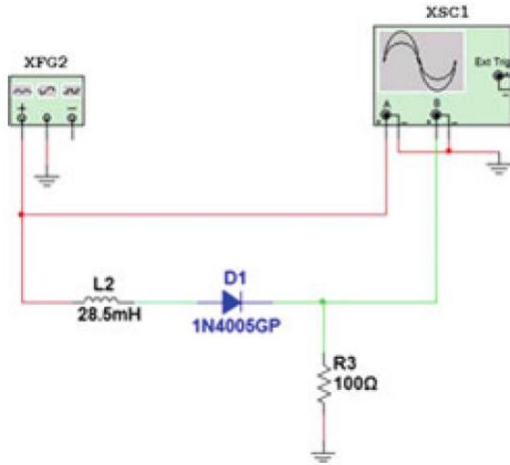


Рисунок 2 – Multisim моделювання вихідної напруги схеми: а) для $U_m = 400$ мВ (періодична напруга) і б) для $U_m = 400$ мВ (періодична напруга)

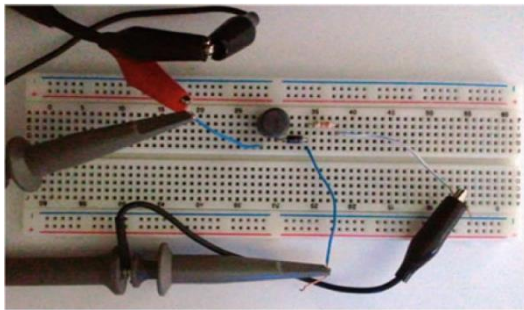


Рисунок 1 – Multisim (верхня частина) та експериментальна (нижня частина) схеми RLD електричного кола

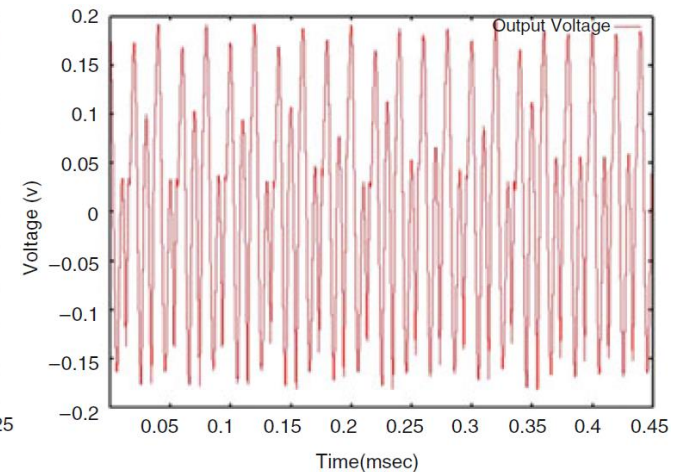
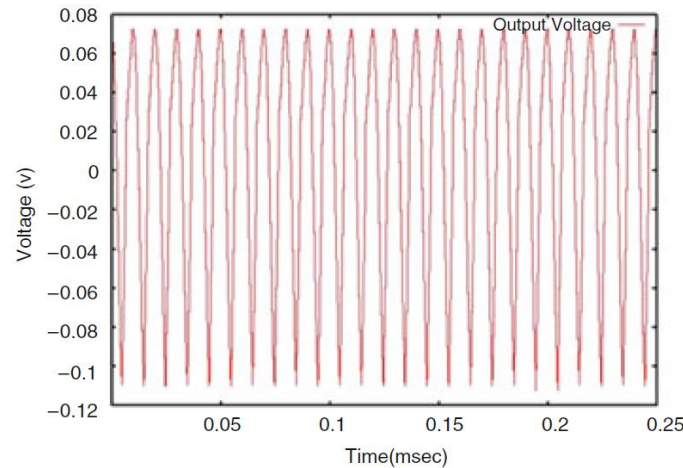


Рисунок 3 – Реальна вихідна напруга схеми: а) для $U_m = 2,3 U_{PP}$ (періодична напруга) і б) для $U_m = 4,74 U_{PP}$ (періодична напруга)

Карти Лоренца для досліджуваних RLD електричних кіл

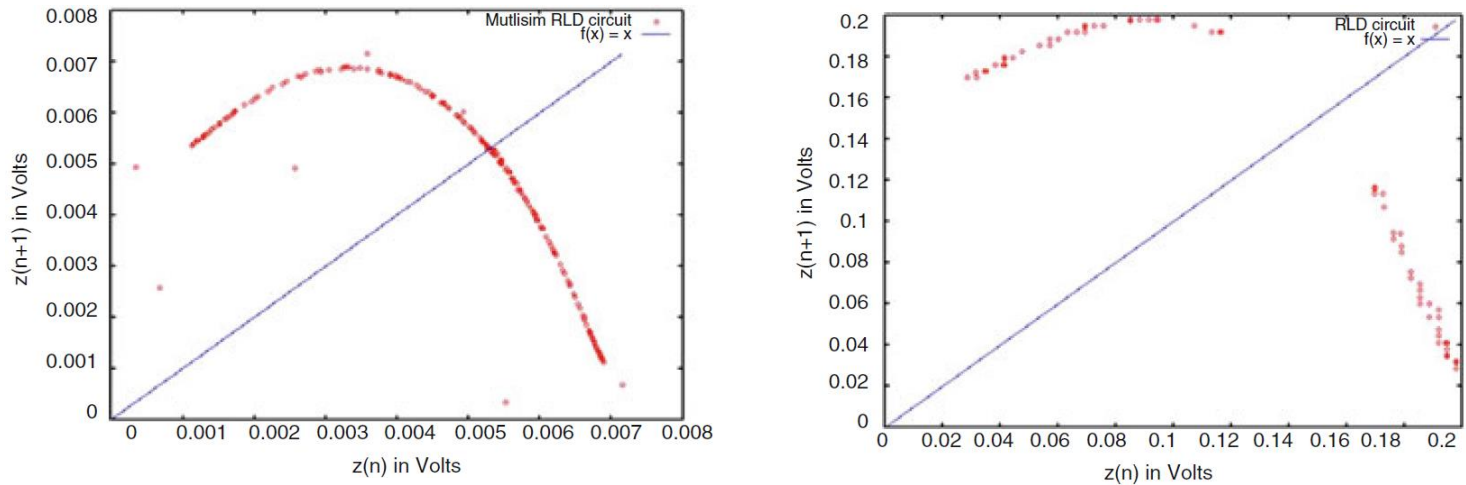


Рисунок 1 – Графіки першої ітерації для Multisim (ліва частина) та реальної схеми РІД (права частина)

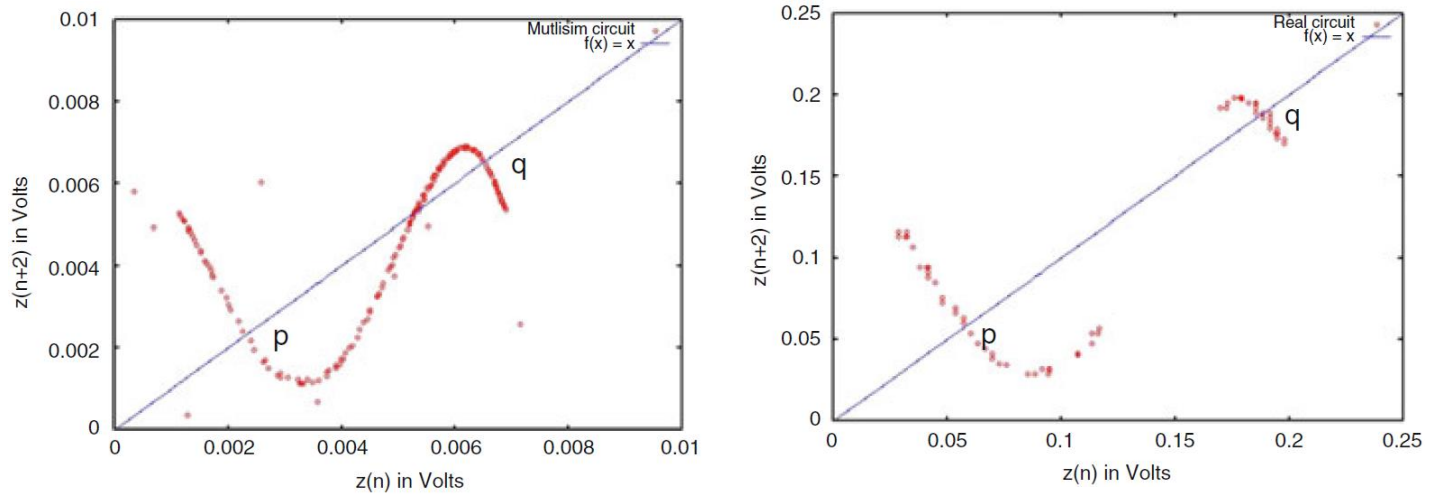


Рисунок 2 – Графіки другої ітерації для Multisim (ліва частина) та реальної схеми РІД (права частина)

Результати експериментальних досліджень простого RLD кола

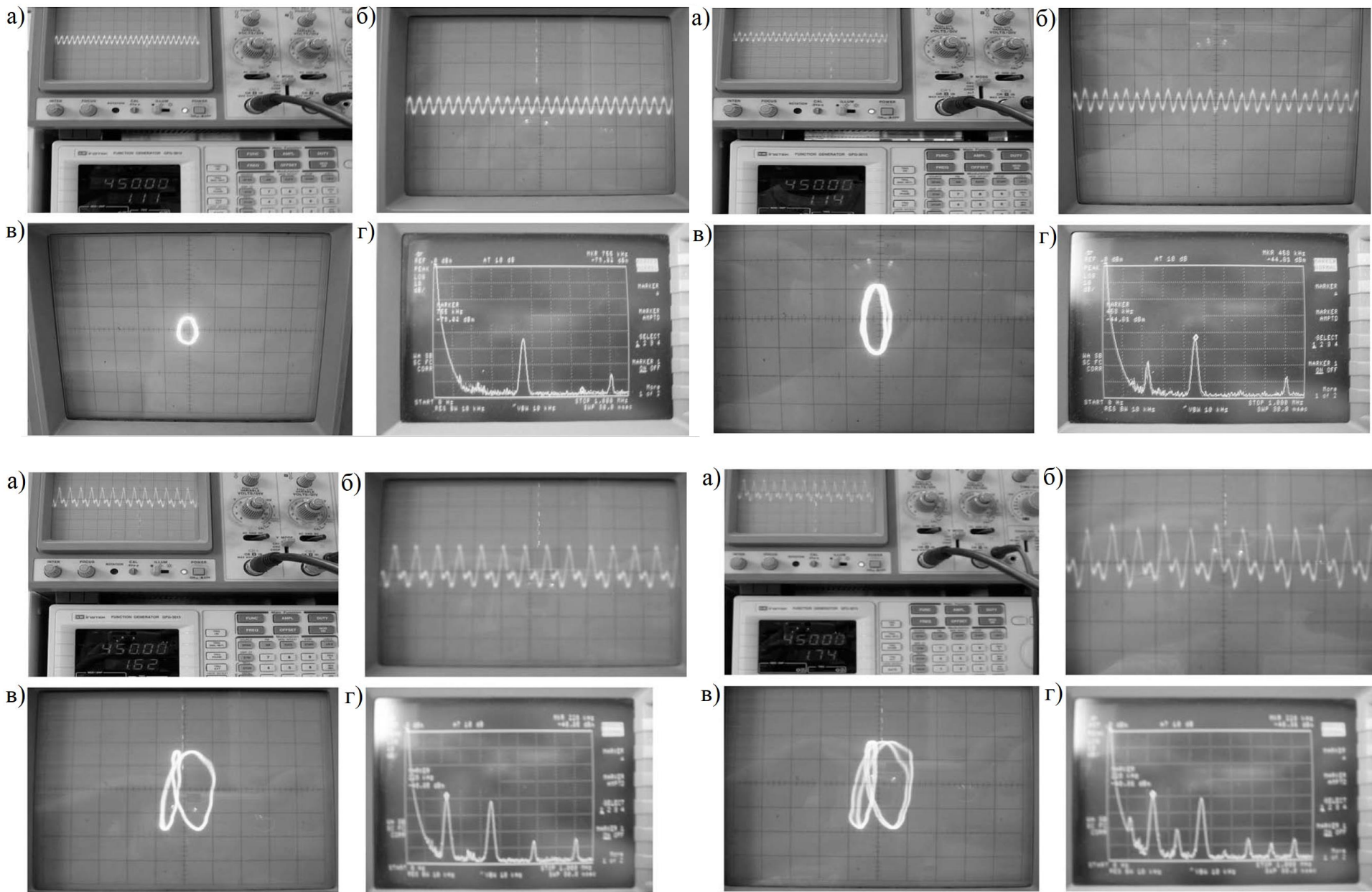


Рисунок 1 – Результати експериментальних досліджень простого RLD кола

Експериментальні результати режиму розвинутого хаосу RLD кола

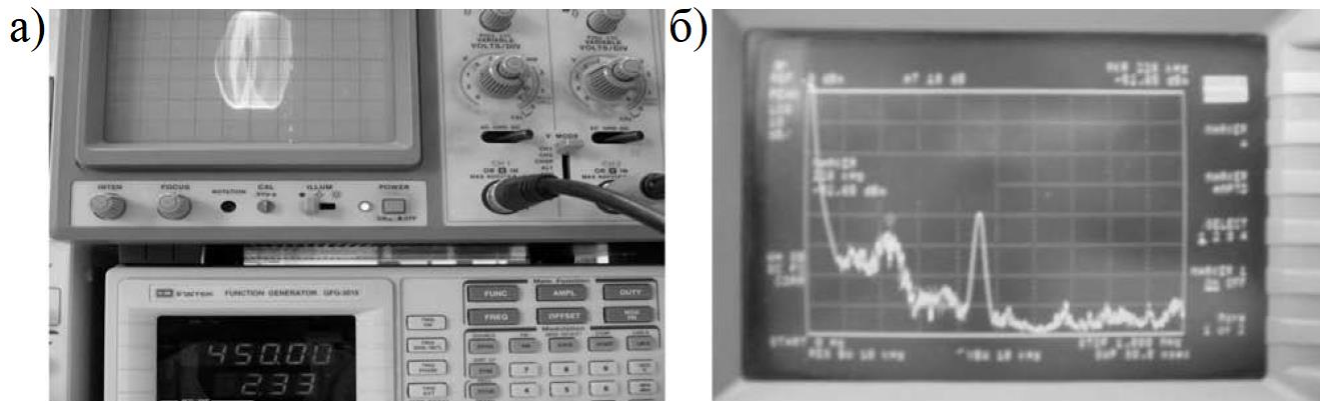
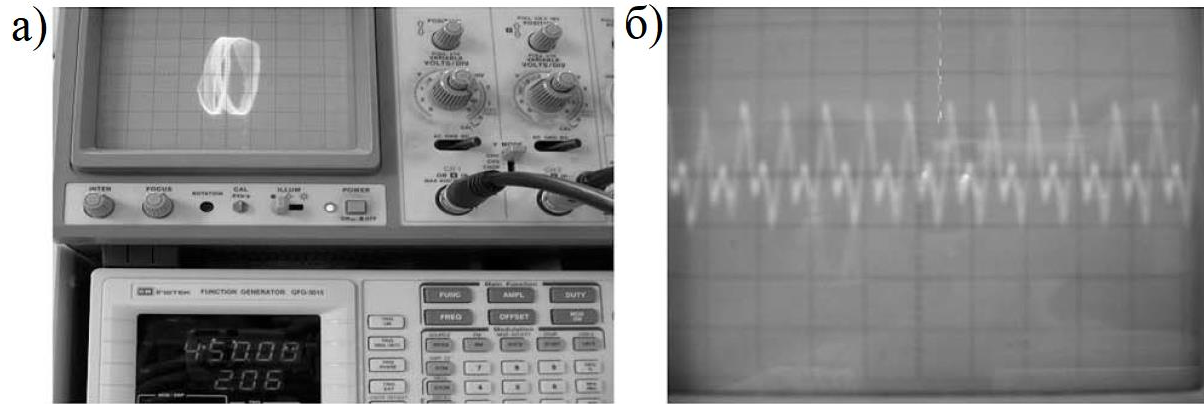


Рисунок 1 – Результати експериментальних досліджень режиму розвинутого хаосу

Обчислення константи Фейгенбаума

Константу Фейгенбаума δ можна експериментально розрахувати за виразом

$$\delta = \frac{P_{n+1} - P_n}{P_{n+2} - P_{n+1}}$$

де P_n - значення змінного параметра, тобто амплітуди напруги вхідного сигналу в одній біфуркації;

P_{n+1}, P_{n+2} - відповідні значення параметрів для наступних двох біфуркацій.

Таблиця 1 – Результати подвоєння періоду та хаосу у схемі RLD з різними значеннями вхідної амплітуди та відповідними переходами

U_{pp}, B	Період
1,11	Перехід 1-2
1,62	Перехід 2-4
1,74	Перехід 4-8

В таблиці 4.1 наводяться отримані значення, отже

$$\delta = \frac{1,62 - 1,11}{1,74 - 1,62} = 4,25$$

Розраховане значення константи Фейгенбаума лише на 8,97% менше від теоретичного $\delta = 4,669$. Отриманий результат є прийнятним для інженерних розрахунків. Похибка виникає через експериментальні неточності.

Прогнозування часових послідовностей хаотичної напруги

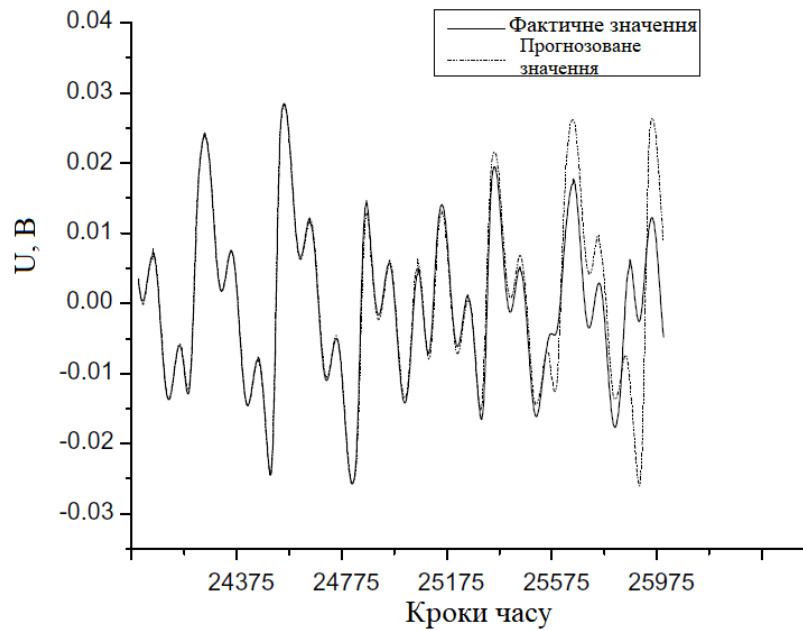
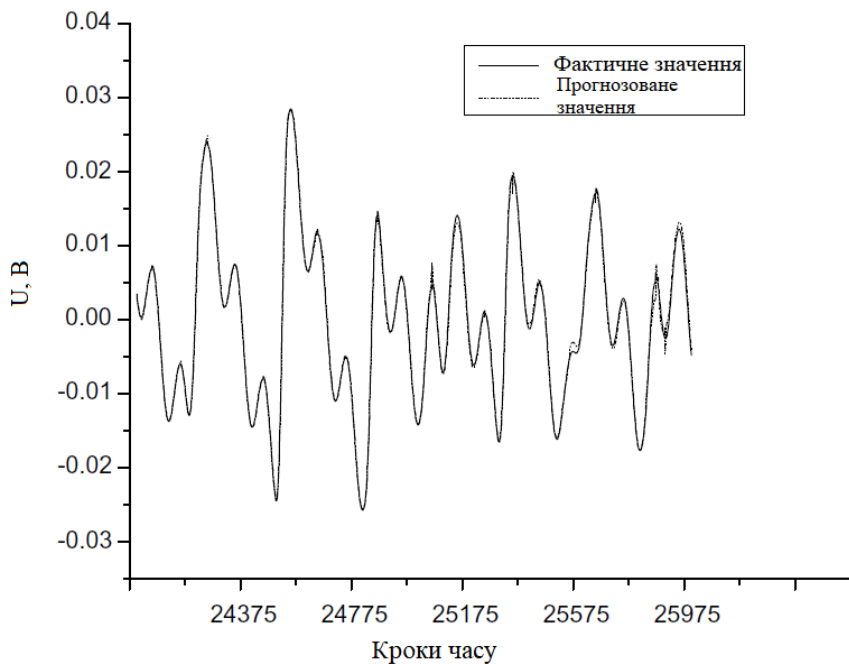


Рисунок 1 - Однокрокове прогнозування коливань хаотичної напруги та її похибка

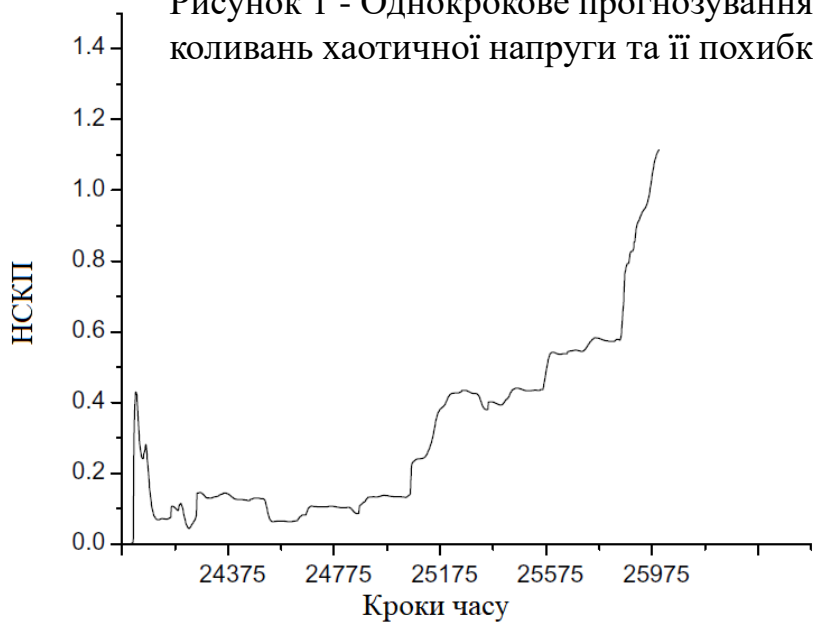
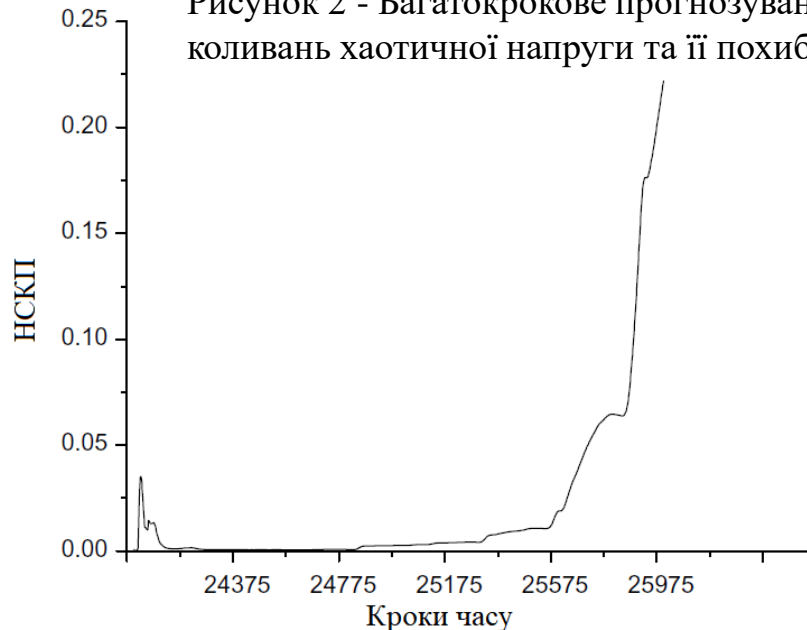


Рисунок 2 - Багатокрокове прогнозування коливань хаотичної напруги та її похибка



Доповідь завершено.
Дякую за увагу