

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Кафедра радіотехніки

Розробка та дослідження генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга

Магістерська кваліфікаційна робота

на здобуття кваліфікації магістра

за спеціальністю 8.05090101 – радіотехніка

Виконав – Коломійчук Володимир Іванович

студент групи РТ-16м з/в

Керівник магістерської роботи – **Осадчук Олександр Володимирович,**

докт. техн. наук, проф., зав. каф. РТ

Вінниця - 2018

Мета та задачі роботи, предмет і об'єкт досліджень

Метою роботи є розробка генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга для кодування інформації в криптосистемах і дослідження хаотичної динаміки генерованих сигналів.

Об'єктом дослідження є процеси перетворення енергії джерел живлення в хаотичні сигнали в генераторах детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга.

Предметом дослідження є часові та частотні параметри і характеристики хаотичних сигналів генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга.

Задачами досліджень магістерської кваліфікаційної роботи є:

- розробити схему одиночного генератора детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга;
- здійснити дослідження динамічних процесів у генераторі детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга;
- розробити варіанти схем двозв'язаних генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга;
- здійснити дослідження динамічних процесів у системі двозв'язаних генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга;
- дослідити вплив виду та форми інформаційного сигналу на кодоване повідомлення в генераторі детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга.

Наукова та практична новизна результатів, публікації та апробація результатів роботи

Наукова новизна одержаних результатів – отримав подальший розвиток метод кодування інформації в криптосистемах шляхом підмішування інформаційних сигналів до хаотичної носійної в генераторах детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга.

Практична новизна одержаних результатів – полягає в отриманих нових результатів експериментальних і модельних досліджень генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга.

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 результатів наукових досліджень. 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.).

СТРУКТУРНА СХЕМА КРИПТОСИСТЕМИ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОГО РІВНЯННЯ ДУФФІНГА

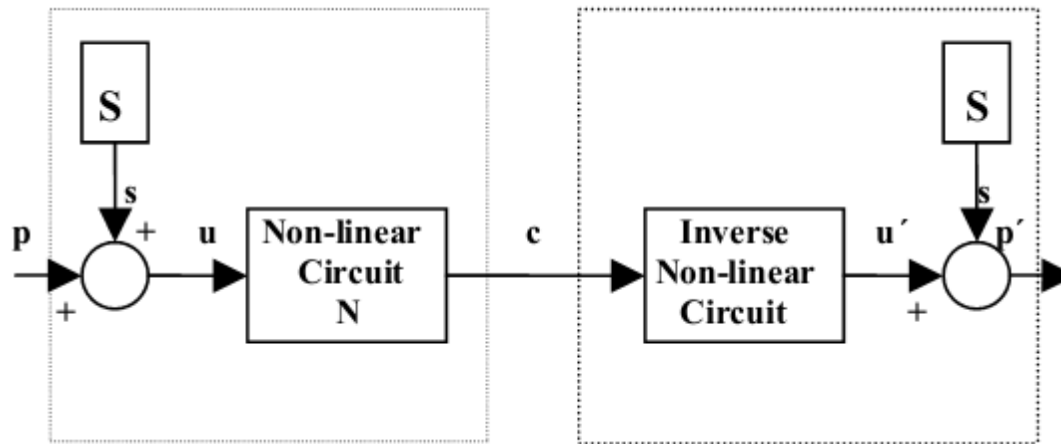


Рисунок 1 – Запропонована структура криптосистеми :
 $S(t)$ - це зовнішня синусоїдальна напруга джерела, $p(t)$ -
сигнал, який включає в себе переданий простий текст і
 $p'(t)$ – відновлений простий текст

Значна частина цієї системи шифрування є нелінійною часово-змінною системою, яка описується рівнянням Дуффінга

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + \varepsilon \frac{dx_1}{dt} + ax_1 + bx_1^3 = u(t)$$

Функціональна схема пристрою реалізації рівняння Дуффінга

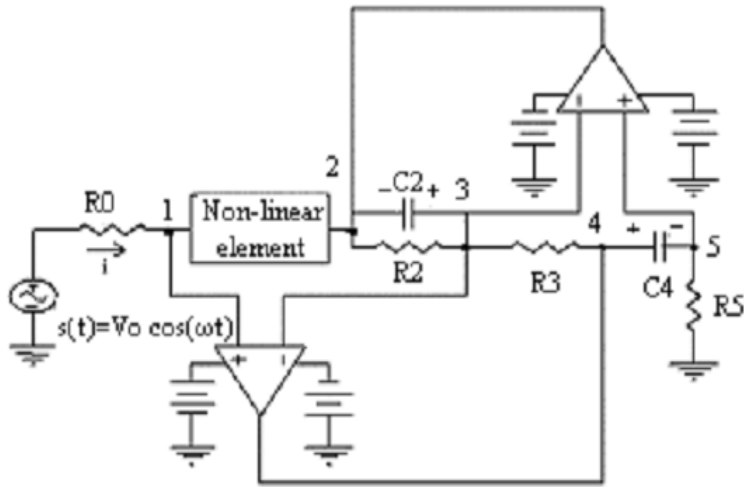


Рисунок 1 - Функціональна схема пристрою реалізації рівняння Дуффінга (пристрою шифрування)

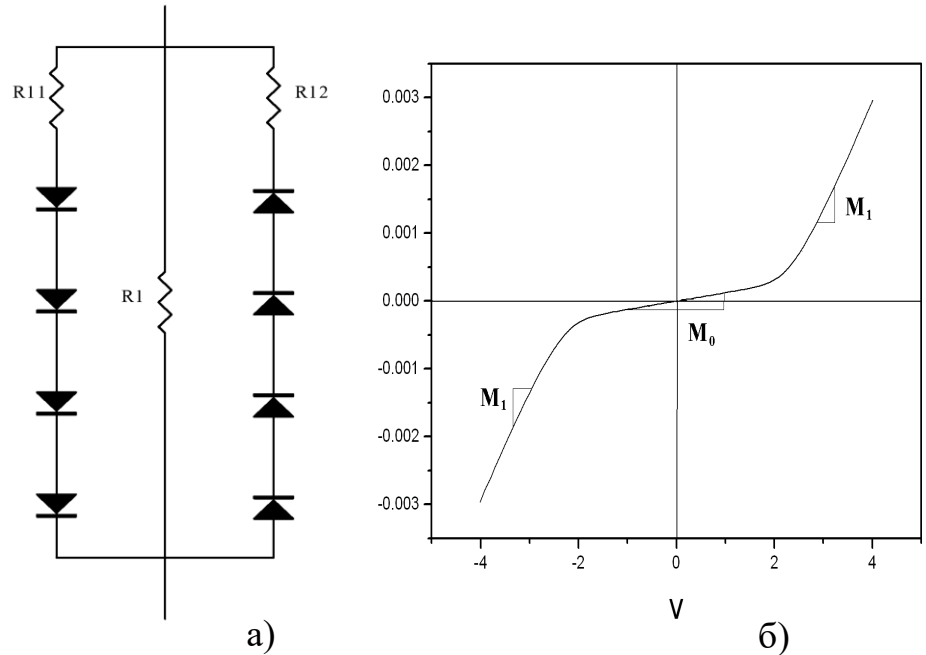


Рисунок 2 – Функціональна схема нелінійного кола (а) та його ВАХ (б), яка описується рівнянням $i(v) = pv + qv^3$

Позначивши відповідно x_1 і x_2 напруги на конденсаторах C_2 і C_4 , можна записати наступну систему рівнянь стану

$$\frac{dx_1}{dt} = -\frac{1}{C_2 R_2} x_1 + \frac{1}{C_2 R_3} x_2$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -\frac{R_0}{C_4 R_5} f(x_1) + \frac{V_0}{C_4 R_5} \cos(\omega t)$$

де $f(x_1) = px_1 + qx_1^3$

Функціональна схема пристрою дешифрування на основі рівняння Дуффінга

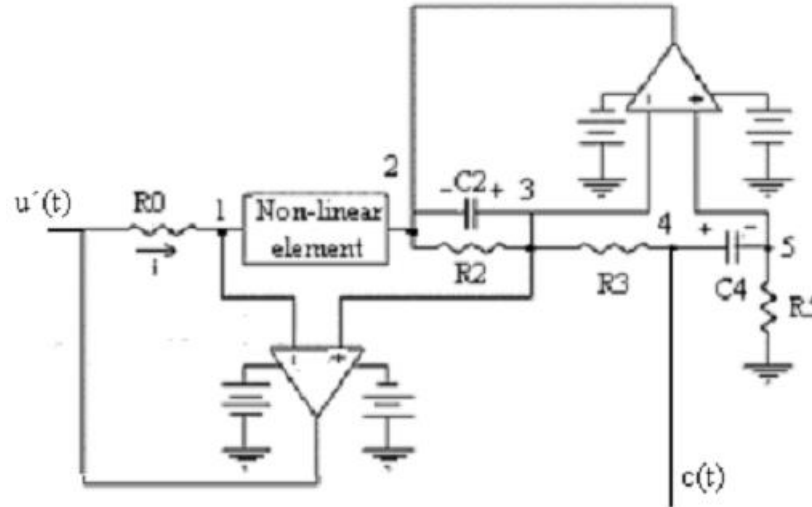


Рисунок 1 – Функціональна схема пристрою дешифрування

Інверсована схема з'єднуються з схемою типу Дуффінга через вузли 4, (рис. 1), тому $c(t) = y_1(t)$. Описаний відкритий контур обирається згідно наступної системи рівнянь

$$\frac{dx'_1}{dt} = -\frac{1}{C_2 R_2} x'_1 + \frac{1}{C_2 R_3} x'_2$$

$$\frac{dx'_2}{dt} = -\frac{R_0}{C_4 R_5} x'_2 + \frac{V_0}{C_4 R_5} y'_1$$

де

$$u' = R_0 f(x'_1) - x'_2 + y_1$$

Результати дослідження режимів роботи генератора Дуффінга

Таблиця 1 – Динамічна поведінка при $V_0 = 1,6.. 3,2$ В

V_0 [,] (В)	Поведінка	V_0 [,] (В)	Поведінка
1.600-1.704	період-1	2.652-2.656	період-4
1.704-1.802	період-2	2.656-2.658	період-8
1.802-1.820	період-4	2.658-2.728	хаос
1.820-1.824	період-8	2.728-2.732	період-4
1.824-1.878	хаос	2.732-2.748	хаос
1.878-1.882	період-5	2.748-2.756	період-4
1.882-1.958	хаос	2.756-2.794	період-2
1.958-1.964	період-6	2.794-2.798	період-4
1.964-2.040	хаос	2.798-2.860	хаос
2.040-2.606	період-3	2.860-2.870	період-5
2.606-2.650	хаос	2.870-2.914	хаос
2.650-2.652	період-2	2.914-3.200	період-1

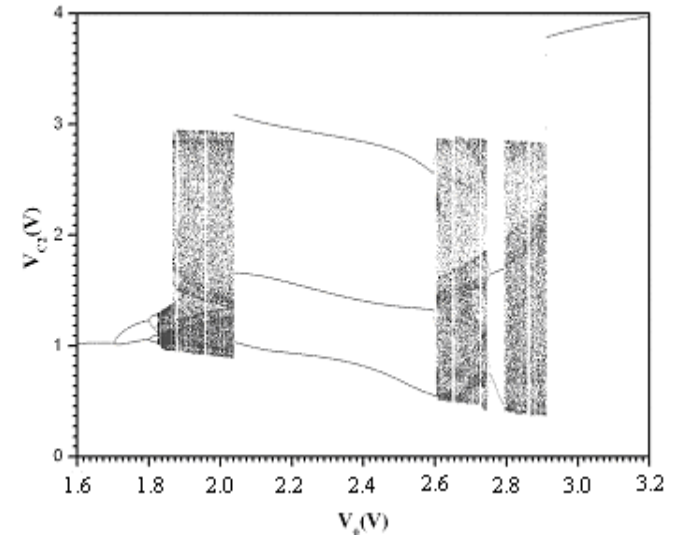


Рисунок 1 – Біфуркаційна діаграма генератора Дуффінга при $V_0 = 1,6.. 3,2$ В

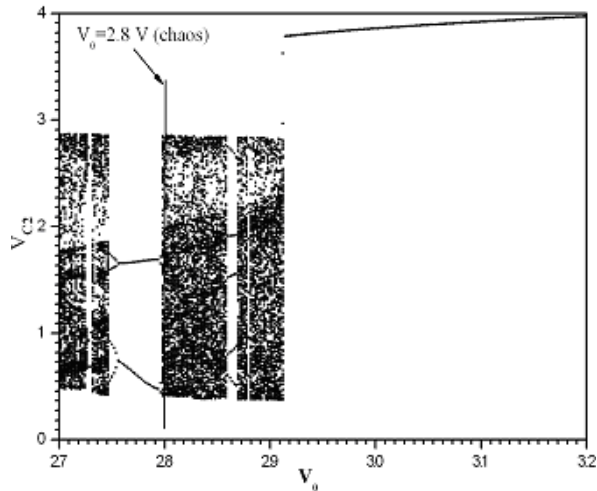


Рисунок 2 – Біфуркаційна діаграма при $V_0 = 2,7..3,2$ В ($V_0 = 2,8$ В \rightarrow хаос)

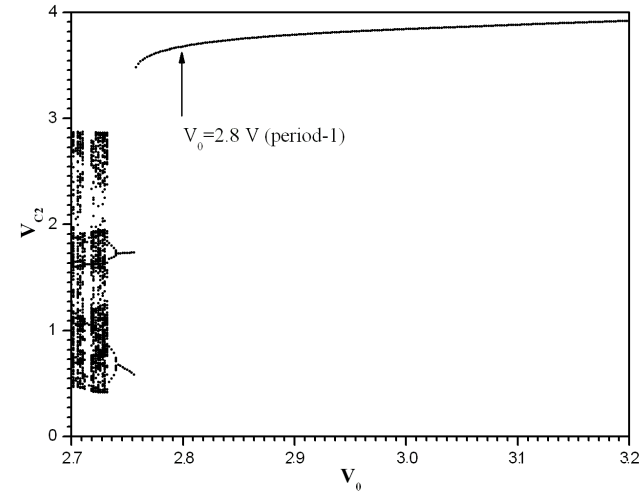


Рисунок 3 - Діаграма зворотної біфуркації при $V_0 = 2,7..3,2$ В ($V_0 = 2,8$ В \rightarrow період-1)

Теоретичне дослідження фазових портретів генератора Дуффінга

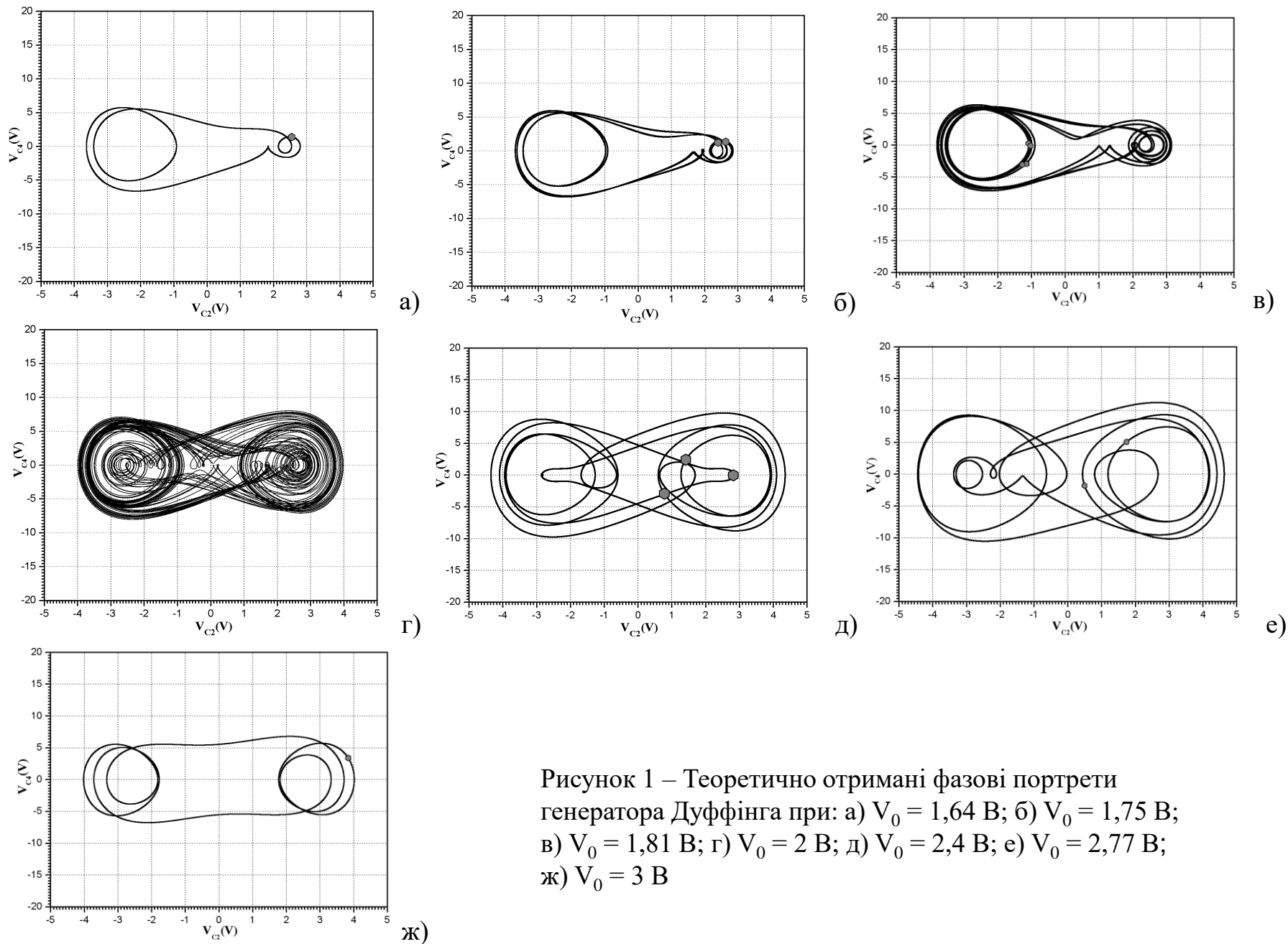
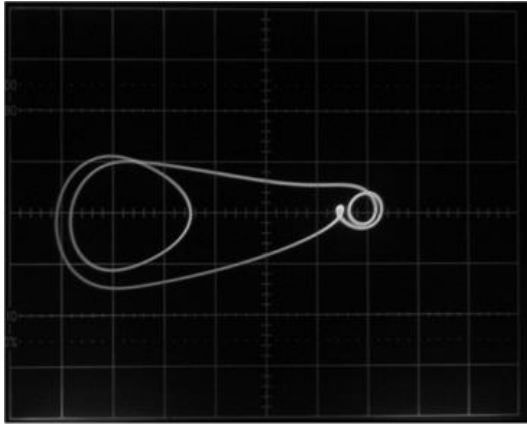
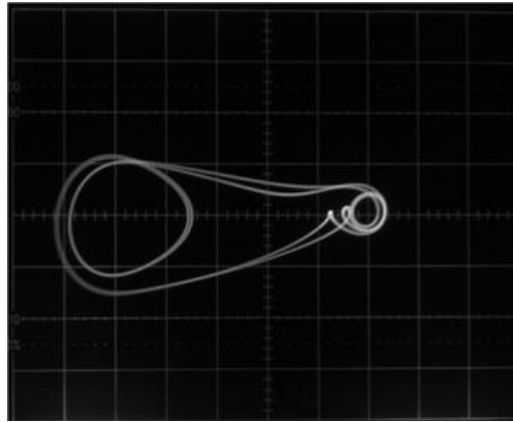


Рисунок 1 – Теоретично отримані фазові портрети генератора Дуффінга при: а) $V_0 = 1,64$ В; б) $V_0 = 1,75$ В; в) $V_0 = 1,81$ В; г) $V_0 = 2$ В; д) $V_0 = 2,4$ В; е) $V_0 = 2,77$ В; ж) $V_0 = 3$ В

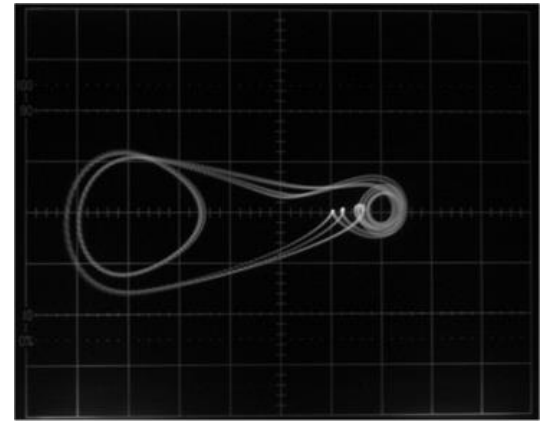
Експериментальне дослідження фазових портретів генератора Дуффінга



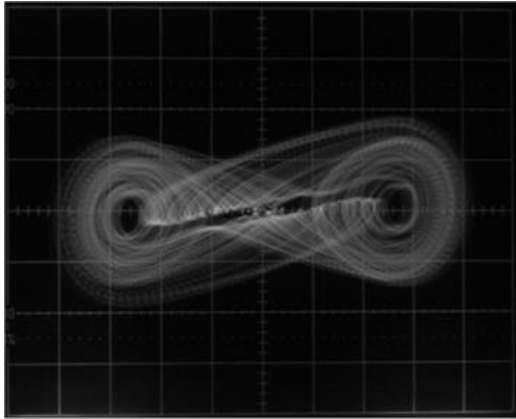
а)



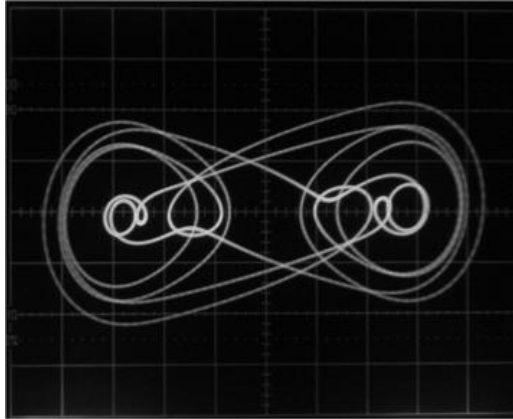
б)



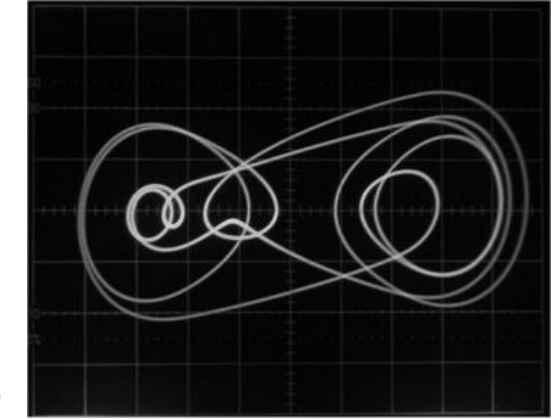
в)



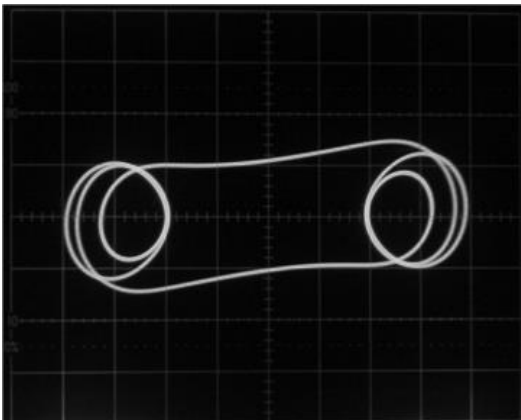
г)



д)



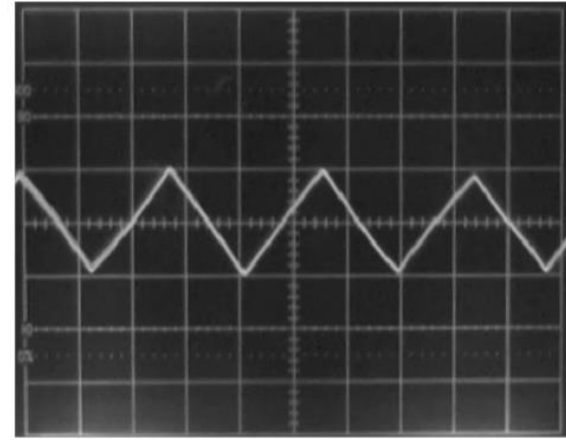
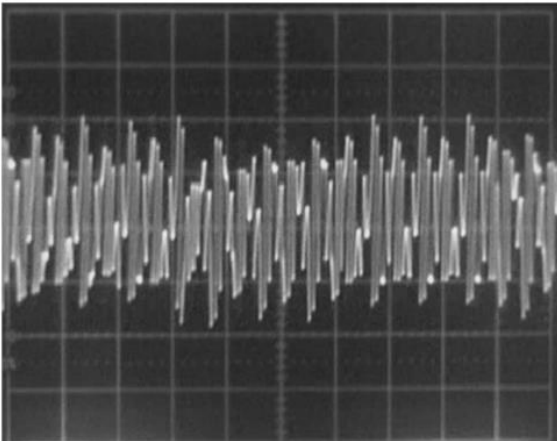
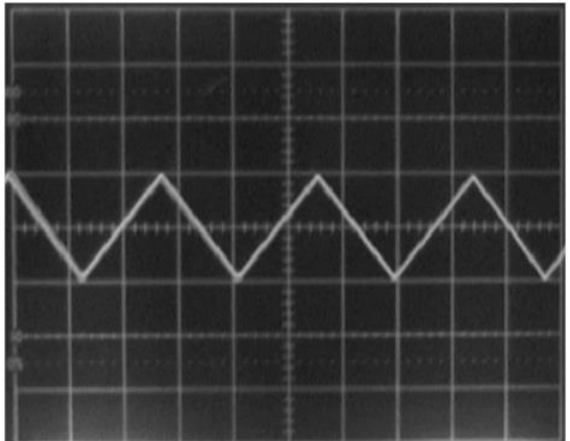
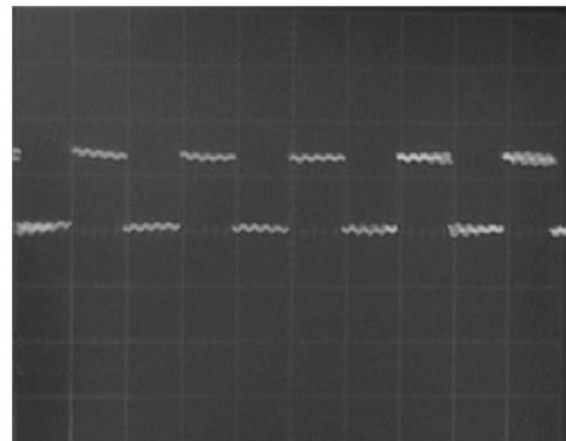
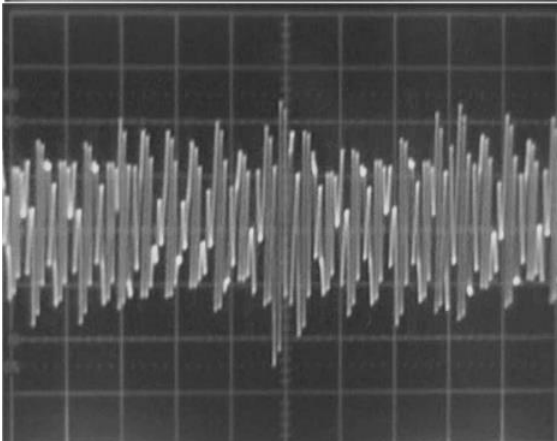
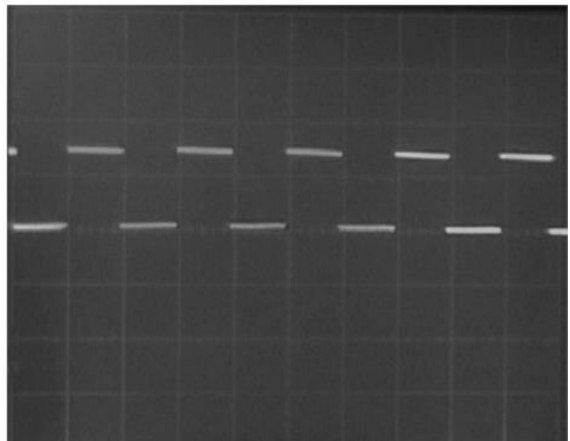
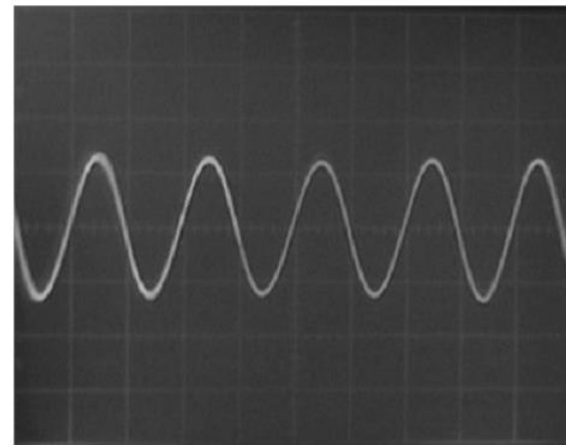
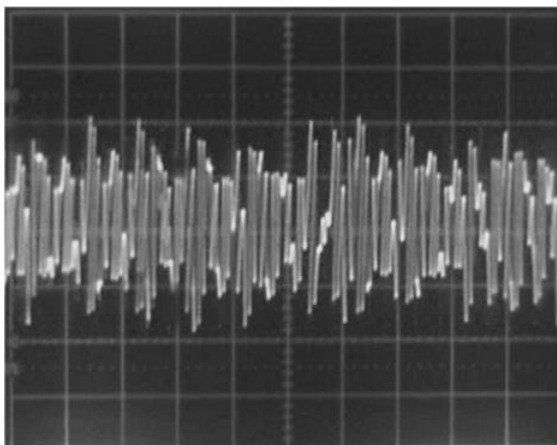
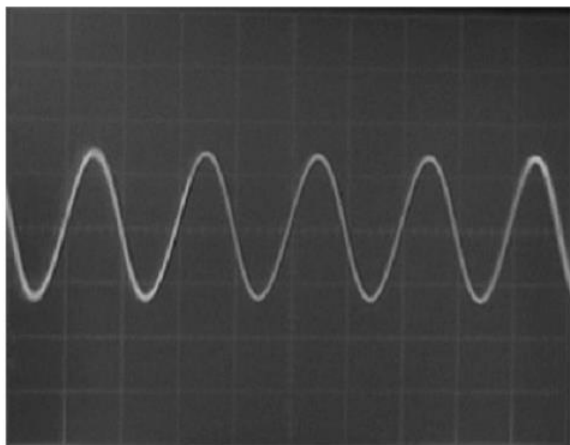
е)



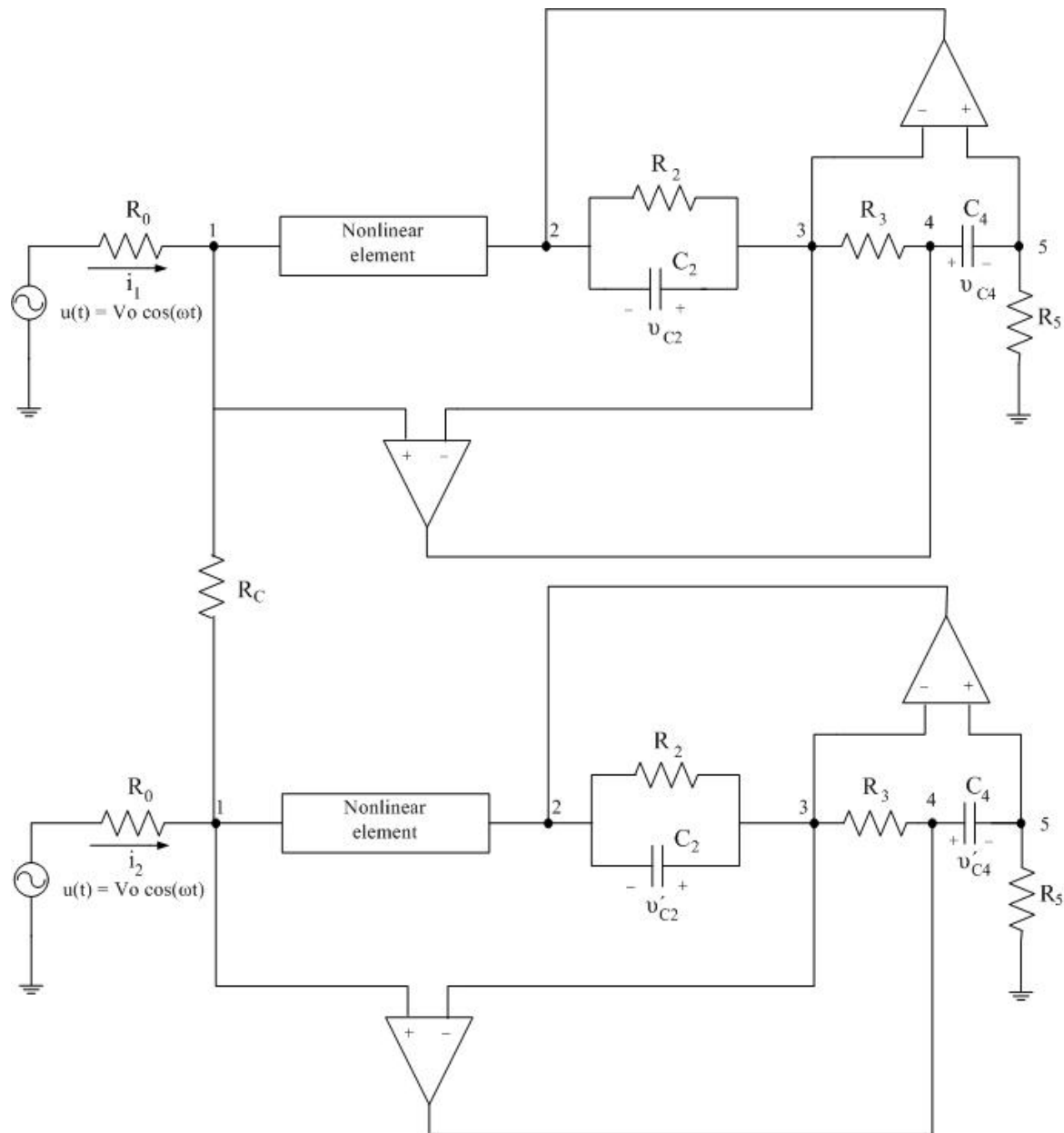
ж)

Рисунок 1 – Експериментально отримані фазові портрети генератора Дуффінга при: а) $V_0 = 1,64$ В; б) $V_0 = 1,75$ В; в) $V_0 = 1,81$ В; г) $V_0 = 2$ В; д) $V_0 = 2,4$ В; е) $V_0 = 2,77$ В; ж) $V_0 = 3$ В

Експериментальне дослідження шифрування сигналів основної форми



Функціональна схема двох синхронізованих генераторів Дуффінга



Математична модель двох синхронізованих генераторів Дуффінга

Система двох ідентичних схем генераторів Дуффінга двоспрямована та описується системою рівнянь вигляду

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= -\frac{1}{C_2 R_2} x_1 + \frac{1}{C_2 R_3} x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= -\frac{R_0}{C_4 R_5} f(x_1) + \frac{q}{C_4 R_5} \cos(\omega t) - \frac{R_0^2}{C_4 R_5 (R_C + 2R_0)} (f(x_1') - f(x_1)) \\ \frac{dx_1'}{dt} &= -\frac{1}{C_2 R_2} x_1' + \frac{1}{C_2 R_3} x_2' \\ \frac{dx_2'}{dt} &= -\frac{R_0}{C_4 R_5} f(x_1') + \frac{q}{C_4 R_5} \cos(\omega t) - \frac{R_0^2}{C_4 R_5 (R_C + 2R_0)} (f(x_1) - f(x_1')) \\ \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \varepsilon \frac{dx_1}{dt} + \alpha(1 - \xi)x_1 + b(1 - \xi)x_1^3 + \alpha\xi x_1' + b\xi(x_1')^3 &= B \cos(\omega t) \\ \frac{d^2 x_1'}{dt^2} + \varepsilon \frac{dx_1'}{dt} + \alpha(1 - \xi)x_1' + b(1 - \xi)(x_1')^3 + \alpha\xi x_1 + b\xi x_1^3 &= B \cos(\omega t)\end{aligned}$$

де $x_1 = v_{C2}$, $x_2 = v_{C4}$, $x_1' = v_{C2}'$, $x_2' = v_{C4}'$, $\xi = \frac{R_0}{R_C + 2R_0}$ – фактор зв'язку

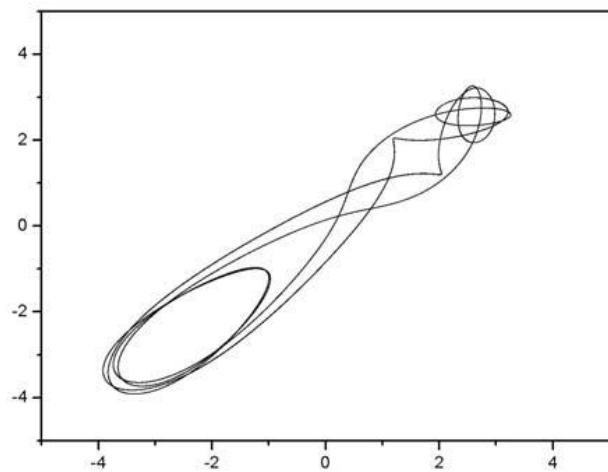
Номінали елементів схеми є

$$R_0 = 2.05 \text{ кОм} \quad R_2 = 5.248 \text{ кОм} \quad R_3 = R_5 = 1 \text{ кОм} \quad R_{11} = R_{12} = 0,557 \text{ кОм} \quad R_1 = 8,11 \text{ кОм} \quad C_2 = 1052,9 \text{ нФ}$$

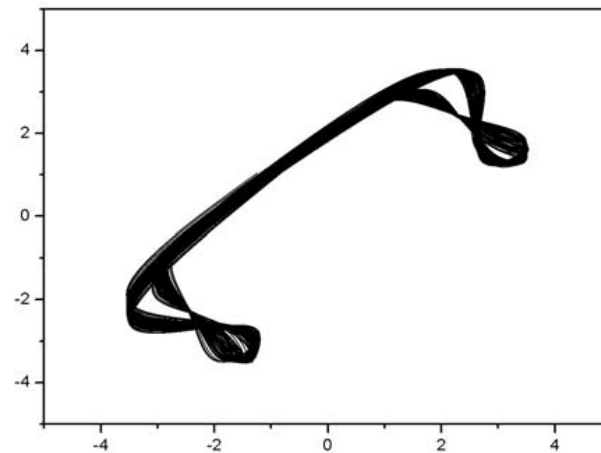
$$C_4 = 9,79 \text{ нФ} \quad V_0 = 2V \quad f = 1,273 \text{ кГц}$$

Нормовані параметри, що відповідають даним величинам $a = 0,25$ $b = 1$ $\varepsilon = 0.18$ $\omega = 0.8$ $B = 20$

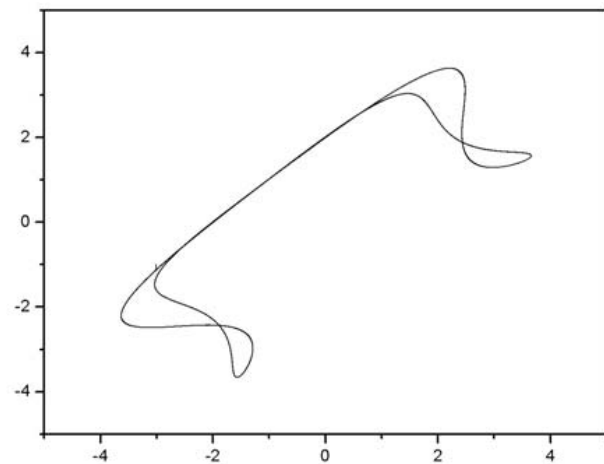
Розрахункові фазові портрети синхронізованих генераторів Дуффінга



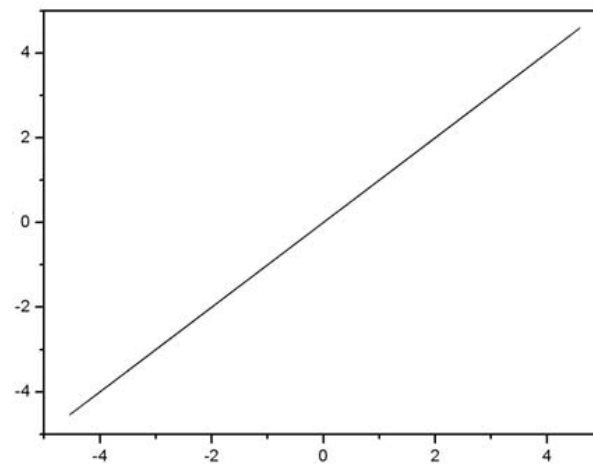
$R_c = 182 \text{ кОм}$



$R_c = 1,3 \text{ кОм}$

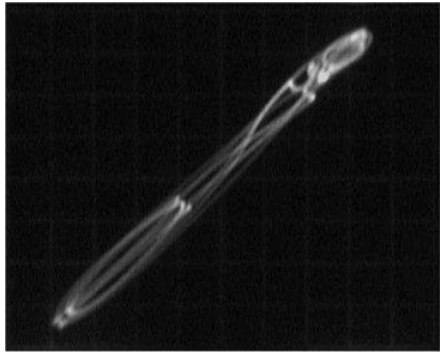


$R_c = 1 \text{ кОм}$

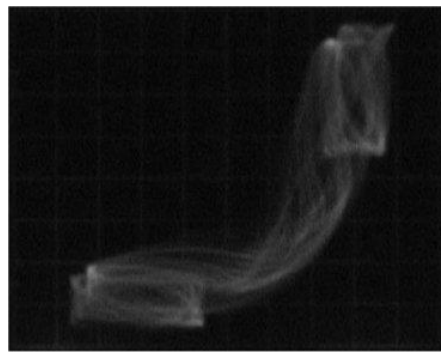


$R_c = 170 \text{ Ом}$

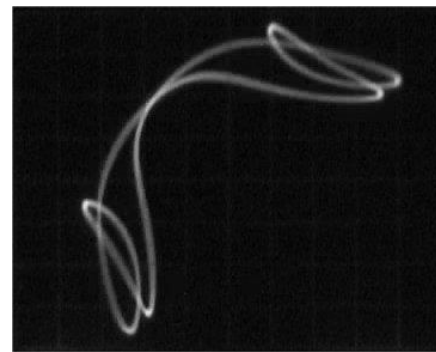
Експериментальні фазові портрети синхронізованих генераторів Дуффінга



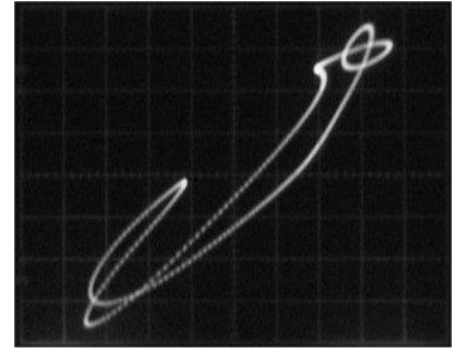
$R_c = 182 \text{ кОм}$



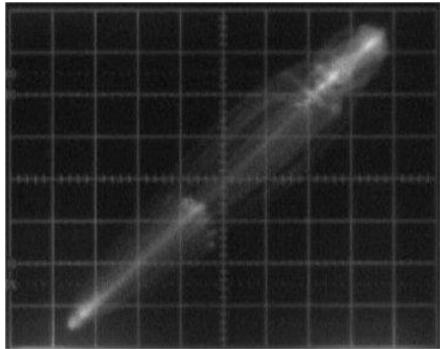
$R_c = 54 \text{ кОм}$



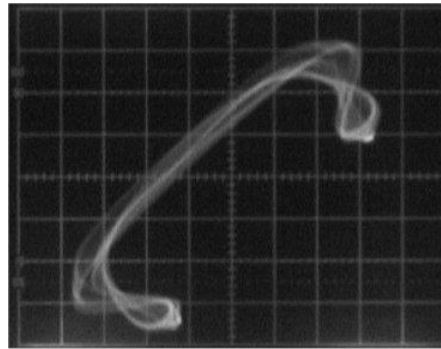
$R_c = 41 \text{ кОм}$



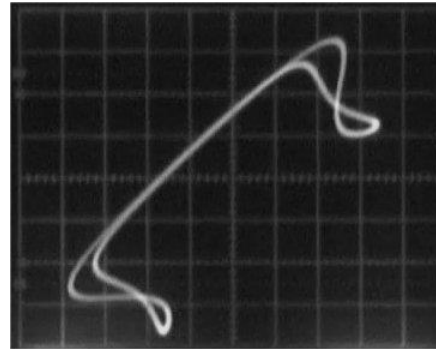
$R_c = 5,2 \text{ кОм}$



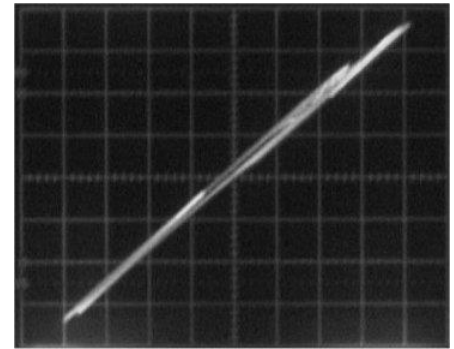
$R_c = 5 \text{ кОм}$



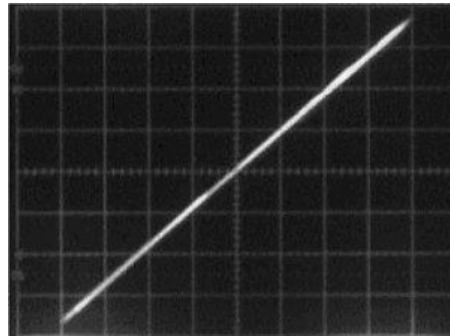
$R_c = 1,3 \text{ кОм}$



$R_c = 1 \text{ кОм}$



$R_c = 260 \text{ Ом}$



$R_c = 170 \text{ Ом}$

Функціональні схеми варіантів master-slave з'єднання генераторів Дуффінга

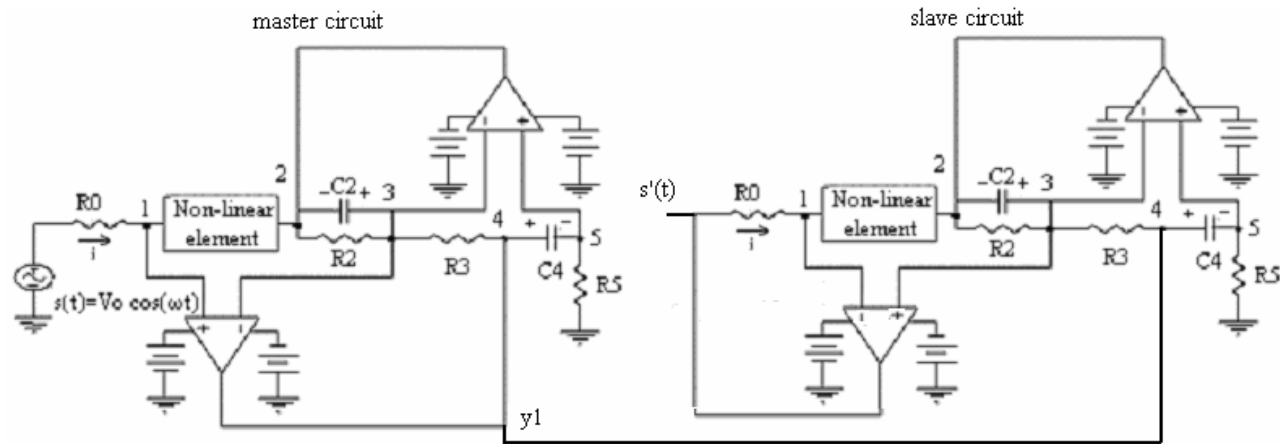


Рисунок 1 – Функціональна схема системи генераторів Дуффінга, коли передається змінна y_1

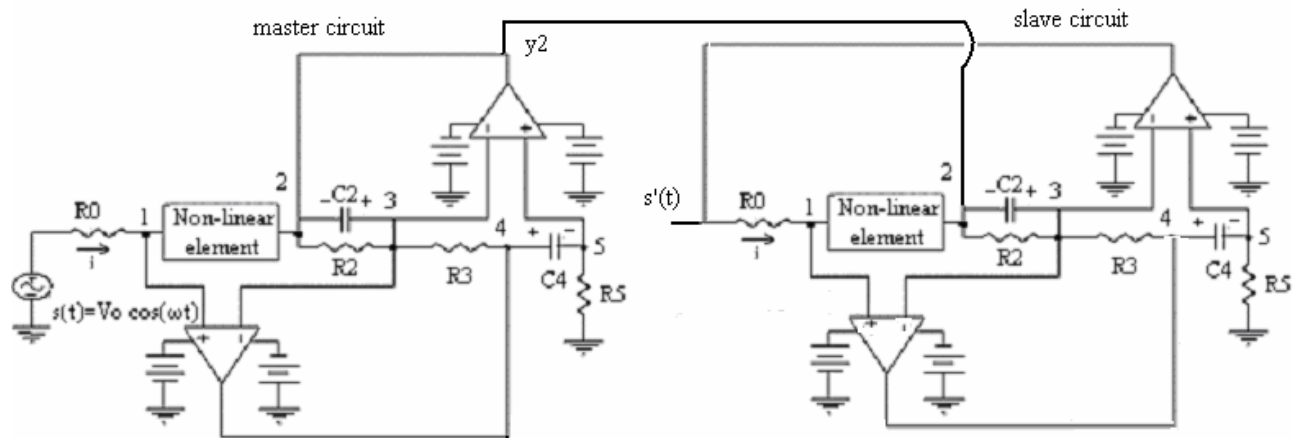


Рисунок 2 – Функціональна схема системи генераторів Дуффінга, коли передається змінна y_2

де y_1 - це переданий сигнал від головної схеми (master);

y_2 - це переданий сигнал від веденої схеми (slave)

В економічному розділі було оцінено економічний потенціал розробки та дослідження генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга, які дають можливість, з врахуванням певних умов, отримати результати вимірів з досить високою точністю. Оцінка комерційного потенціалу розробки є – вище середньої. Порівняння нової розробки з аналогом показало, що новий виріб є краще за усіма технічними показниками, ніж існуючий аналог. За оцінкою якості продукції нова розробка якісніше базового товару-конкурента на 37% та конкурентоспроможніше на 49%.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 24593,76 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 163958,4 грн.

Прогнозований прибуток у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи може скласти 614018,05 грн. Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 1,5 року.

Під час виконання розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, розрахунок попередній суміщеного освітлення методом питомої потужності, технічні рішення з безпеки при проведенні розробки генераторів детермінованого хаосу на основі нелінійної системи Дуффінга, безпека в надзвичайних ситуаціях.

Доповідь завершено.
Дякую за увагу