

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ N-СИСТЕМИ СПРОТТА

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено огляд дисипативних систем, представлено математичну модель одного з них, та представлено результати практичного моделювання в лабораторних умовах для перевірки дійсності роботи таких рівнянь.

Ключові слова: дисипативні системи, математична модель, нелінійні рівняння.

Abstract

The paper presents an overview of dissipative systems, presents a mathematical model of one of them, and presents the results of practical modeling in the laboratory to verify the validity of such equations.

Keywords: dissipative systems, mathematical model, nonlinear equations.

Вступ

Захист інформації від несанкціонованого доступу є одним з найбільш актуальних завдань сучасних технологій телекомунікацій [1-6]. Найчастіше в телекомунікаційних системах в якості носія інформації маємо справу з цифровими сигналами, для яких вже існують ефективні методи захисту, засновані на алгоритмах криптографії. Криптографічні методи захисту інформації здебільшого застосовані до інформації у дискретній формі. Ці методи походять від так званого цезарного шифру до відомого сучасного алгоритму шифрування Вегенера-Кіфера типу стандартного шифрування даних (DES) або асиметричного алгоритма Рівеста, Шаміра та Адельмана (RSA). З роботами Шеннона набули розвитку криптографічні методи, що є теоретичною основою всіх систем шифрування, які в даний час використовуються. Незважаючи на значну актуальність захисту дискретної інформації, були спроби застосувати криптографічні методи для неперервного типу інформація. Спочатку автономні хаотичні системи використовувались як генератори псевдовипадкових числових послідовностей. Після цього новаторська робота над питанням синхронізації хаосу, призвела до нової галузі використання. Зараз неавтономні хаотичні системи дискретних сигналів також використовуються для передачі інформації в UWB телекомунікаційних системах.

У разі аналогових сигналів потрібні інші методи захисту інформації, одним з яких є метод маскування. Суть даного методу полягає в тому, що необхідно знайти певне джерело сигналу, яке володіє такими ж спектральними властивостями як й інформаційний сигнал, який потрібно захистити. Відповідно, якщо змішувати такий хаотичний сигнал з інформаційним сигналом, тоді результуючий сигнал виявляється неінформативним, і як результат інформаційний сигнал виявляється захищеним. Сигнали складної форми і непередбачуваної поведінки є класичними видами сигналів, що застосовуються в криптографії.

У зв'язку з цим, актуальним науково-практичним напрямом сучасних розвитку технологій телекомунікацій є розроблення нових і удосконалення відомих методів і засобів захисту інформації в телекомунікаційних системах від несанкціонованого доступу.

Метою роботи є огляд нелінійних дисипативних систем, які придатні для схемотехнічної реалізації для хаотичного маскування сигналів.

Результати дослідження

Систематичне дослідження загальних тривимірних автономних звичайних диференціальних рівнянь з квадратними нелінійностями виявило 19 різних автономних дисипативних систем звичайних диференціальних рівнянь з п'ятьма членами та двома нелінійностями або шістьма членами

та одним нелінійним, знайдених Спроттом Х.К. [1]. Описані властивості цих систем, включаючи їх критичні точки, показники Ляпунова та фрактальні розмірності.

Усі розглянуті системи є тривимірними та алгебраїчно простішими за відомі системи Лоренца та Ресслера, які деякий час вважалися найпростішими прикладами автономних дисипативних систем звичайних диференціальних рівнянь з хаотичними розв'язками [1-6].

Системний аналог системи був побудований на макеті без пайки після ідеалізованої перевірки в SPICE. Для кожної системи надається спрощена принципова схема схеми разом із зображеннями на екрані осцилографа різних двовимірних видів площини. Для кожної системи також створено фото тривимірного проективного вигляду, що показує безперервне обертання навколо однієї осі. У випадку з усіма матеріалами вісь у нанесена вертикально, а на перший погляд живий, хаотичний об'єкт на дисплеї обертається у площині $x-z$ навколо вісі у, спрямованої вертикально.

У всіх випадках використовується множник (і) AD633, а операційні підсилювачі-AD711.

Розглянемо випадок N, схему промодельюємо для отримання математичної моделі та згодом перевіримо її результат на практиці [2, 3].

$$\frac{dx}{dt} = -2y, \quad \frac{dy}{dt} = x+z^2, \quad \frac{dz}{dt} = 1+y-2z. \quad (1)$$

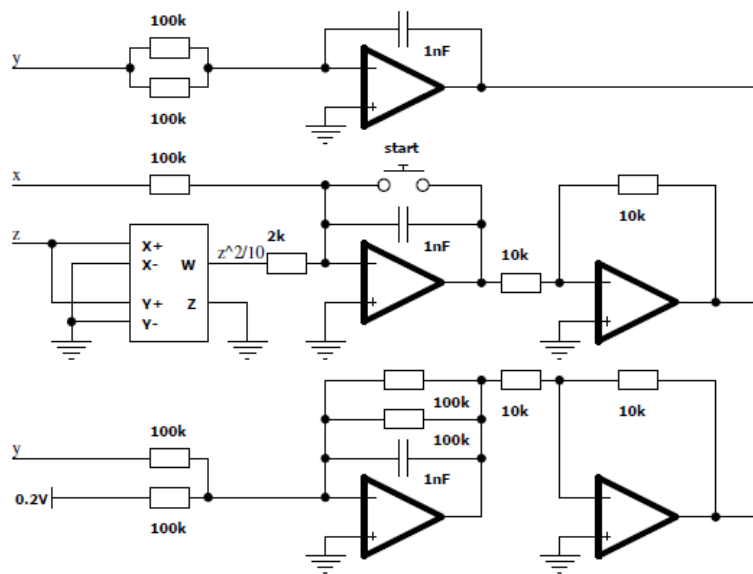


Рис. 1. Схемна реалізація динамічної системи N Спротта [2]

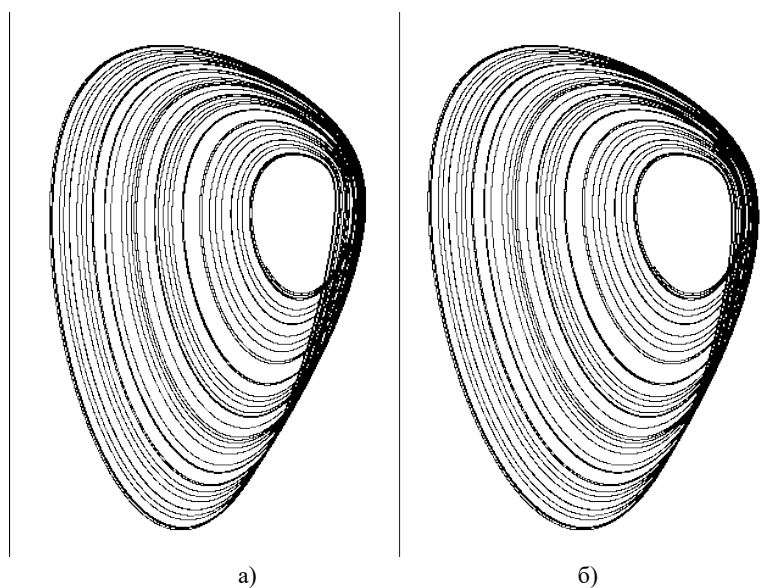


Рис. 2. Фазові портрети N-системи Спротта в площинах динамічних змінних $x-y$ (а) та $x-z$ (б)

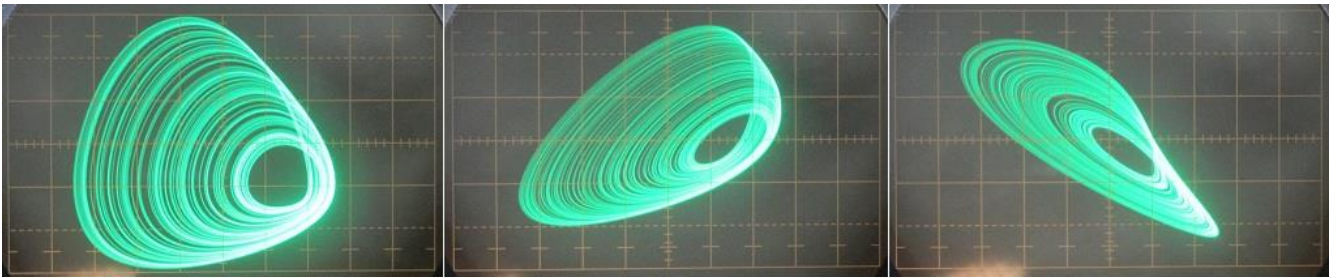


Рис. 3. Експериментально отримані в роботі [2] фазові портрети N-системи Спротта в площинах динамічних змінних x-y (а), x-z (б) та y-z (в) [2]

Висновки

Отже, оглянувши автономні дисипативні систем звичайних диференціальних рівнянь було досліджено режими роботи схемної реалізації на операційних підсилювачах N-системи Спротта. Перевірка динамічних властивостей схемної реалізації на операційних підсилювачах N-системи Спротта показала її можливе застосування в засобах прихованої передачі інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Спротт Х.К. Деякі прості хаотичні потоки, Фізична редакція Е 50, стор. R647-650, 1994
2. Sprott Systems Circuits - Glen's Stuff. URL: <http://www.glenstuff.com/sprottsystems/sprottsystems.htm>
3. J.C. Sprott. Some simple chaotic flows. Physical Review B, Vol. 50, No 2, pp. 50-52, 1994.
4. A. Semenov, O. Osadchuk, O. Semenova, K. Koval, S. Baraban, A. Savytskyi. A Deterministic Chaos Ring Oscillator Based on a MOS Transistor Structure with Negative Differential Resistance. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2019, pp. 709-714, doi: 10.1109/PICST47496.2019.9061330.
5. A. Semenov, O. Osadchuk, O. Semenova, O. Bisikalo, O. Vasilevskyi, O. Voznyak. Signal Statistic and Informational Parameters of Deterministic Chaos Transistor Oscillators for Infocommunication Systems. 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 730-734, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632046.
6. A. Semenov. Mathematical model of the microelectronic oscillator based on the BJT-MOSFET structure with negative differential resistance. 2017 IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017, pp. 146-151, doi: 10.1109/ELNANO.2017.7939736.

Пінаєв Богдан Олегович — аспірант, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Pinaev.bogdam@gmail.com

Білик Ольга Володимирівна — аспірант, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: o.bilyk888@gmail.com

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

Pinaiev Bohdan Olehovych — PhD student, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Pinaev.bogdam@gmail.com

Bilyk Olha Volodymyrivna — PhD student, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: o.bilyk888@gmail.com

Semenov Andriy Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Chair of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua