УДК 621.396, 621.391

©2011 р. В.Б. Русин, О.М. Еліяшів, О.О. Галамейко, М.Я. Кушнір

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, Чернівці

КЕРУВАННЯ ХАОТИЧНИМИ КОЛИВАННЯМИ ПОРОГОВИМ МЕТОДОМ В СХЕМІ ЧУА

Запропоновано модифіковане експериментальне керування хаотичними коливаннями у схемі Чуа методом порогу. Подано експериментальну схему для керування хаотичними коливаннями. Наведені результати експериментального дослідження.

Ключові слова: хаос, керування, поріг, схема Чуа.

Предложено модифицированное экспериментальное управление хаотическими колебаниями в схеме Чуа методом порога. Приведена экспериментальная схема для управления хаотическими колебаниями. Представлены результаты экспериментального исследования.

Ключевые слова: хаос, управление, порог, схема Чуа.

In the paper proposed a modified experimental control of chaotic oscillations in Chua circuit using threshold. Shows an experimental scheme to control the chaotic oscillations. Presents the results of experimental studies.

Keywords: chaos, control, threshold, Chua circuit.

Нелінійні системи завжди відігравали важливу роль при вивченні різних природних явищ, однак протягом останніх 10 років спостерігалося зростання інтересу до нелінійних систем і відновлення їх досліджень. Основною причиною таких змін стала поява ефективних, недорогих і потужних обчислювальних засобів.

Відомо, що визначення власних значень і власних векторів матриці коефіцієнтів у системі лінійних рівнянь аналітичними методами дозволяє записати її розв'язок у замкнутому вигляді. На відміну від цього, замкнуті розв'язки можливо отримати лише для невеликого числа систем нелінійних рівнянь, внаслідок чого вирішальна роль у знаходженні і аналізі різних нелінійних явищ відводиться методам числового моделювання. До появи недорогих ЕОМ моделюванням систем нелінійних рівнянь могли займатися тільки ті дослідники, які мали доступ до великих обчислювальних центрів. Зараз же моделюванням системи нелінійних рівнянь може займатися будь-яка людина, що має персональний комп'ютер.

Зростання інтересу до дослідження систем нелінійних рівнянь також пояснюється відкриттям явища хаосу, яке булу зроблено відносно недавно (приблизно в останні 15 років). Один з основних класичних наукових принципів полягав у тому, що детерміновані системи за своєю суттю є передбачуваними: при заданих рівняннях, що описують деяку систему, і початкових умовах для цих рівнянь, поведінка системи може бути передбачена (прогнозована) на будь-який інтервал часу. Відкриття хаотичних систем довело неправомірність такої точки зору. Було показано, що хаотична система є детермінованою системою, яка веде себе випадковим чином. Хаос, званий також "дивною поведінкою", на сьогодні є однією з найбільш захоплюючих областей дослідження нелінійних систем [1].

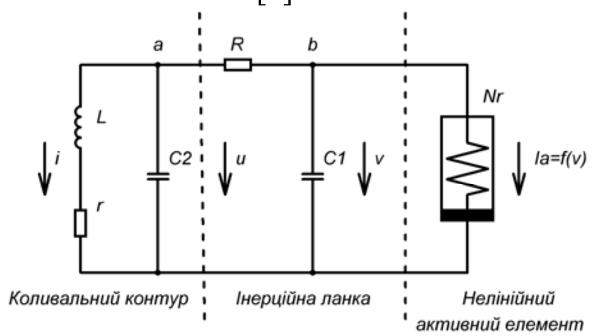

Рис. 1. Генератор Чуа.

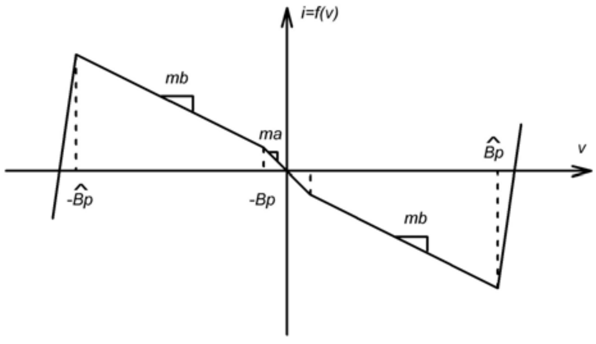

Рис. 2. Вольт-амперна характеристика нелінійного елемента.

Найпростішою схемою, що реалізує хаотичну поведінку, є схема генератора Чуа (рис.1), в якій використовується нелінійний елемент ("діод Чуа") з вольт-амперною характеристикою, наведеною на рис.2 [2].

Пороговий формалізм багатовимірних систем

Розглянемо загальну n-мірну динамічну систему, що описується еволюційним рівнянням $\dot{x} = F(x;t)$, де $x \equiv (x_1, x_2, ..., x_N)$ – змінні стану, а змінна xi вибирається для спостереження і порогового керування. Призначення порогового керування в цій системі виглядає так: контроль буде спрацьовувати всякого разу, коли значення спостережної змінної буде перевищувати критичний поріг x^* (тобто, коли $x_i > x^*$) і змінна x_i буде повертатися у x^* [3-5]. Динаміка триває до наступного випадку перевищення порогу x_i, коли контроль знову повертає його значення x^*.

Експериментальне дослідження

Розглянемо реалізацію хаотичного аттрактора Чуа, отриманого набором трьох звичайних диференціальних рівнянь:

$$\dot{x} = \alpha[y - x - g(x)], \quad (1)$$

$$\dot{y} = x - y + z, \quad (2)$$

$$\dot{z} = -\beta y, \quad (3)$$

де α=10 і β=14,87, а кусково-лінійна функція $g(x) = bx + 1/2(a-b)(|x+1| - |x-1|)$ із коефіцієнтами a=–1,27 і b=–0,68.

Замість того, щоб змінна x у всіх випадках поверталася до x^* у разі перевищення x^*, ми вимагаємо цього лише у рівнянні (2). Це дуже проста реалізація, яка дозволяє уникнути зміни значення x у нелінійному елементі $g(x)$. Після цього ми можемо реалізувати $\dot{y} = x^* - y + z$ замість рівняння (2), коли $x > x^*$, і некеровану дію при $x \le x^*$. У схемі (рис.3) напруга з виходу $DA3$ відповідає x^*.

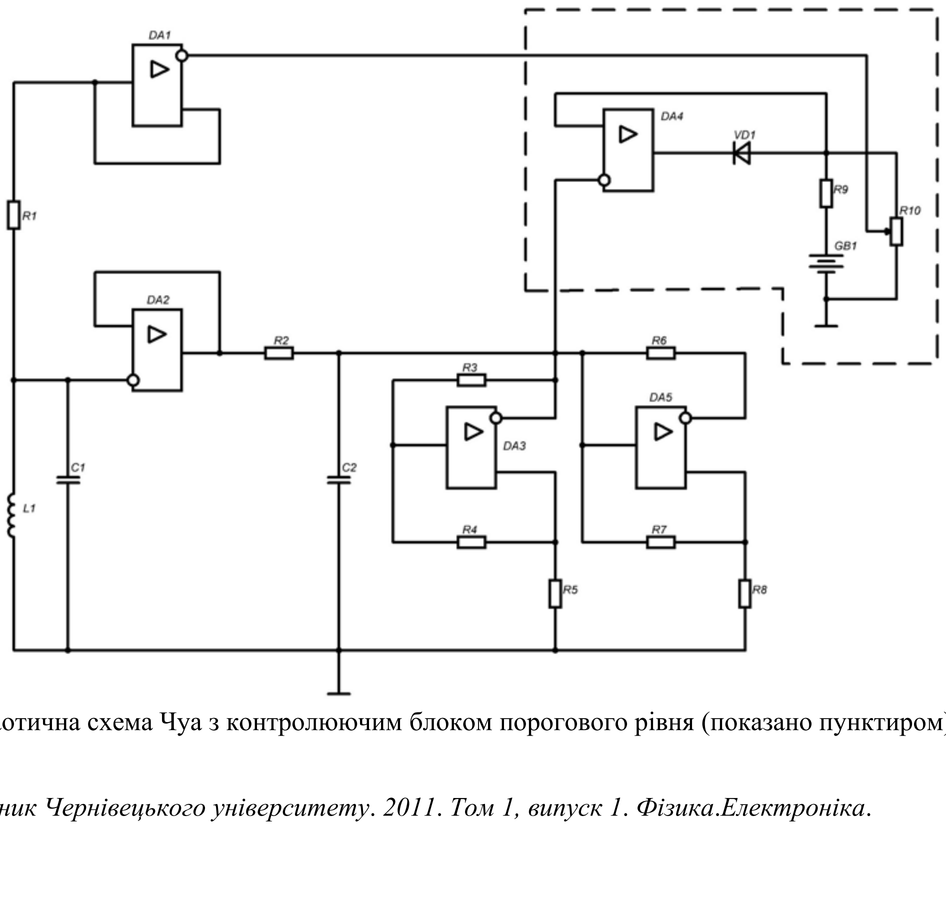

Рис. 3. Хаотична схема Чуа з контролюючим блоком порогового рівня (показано пунктиром).

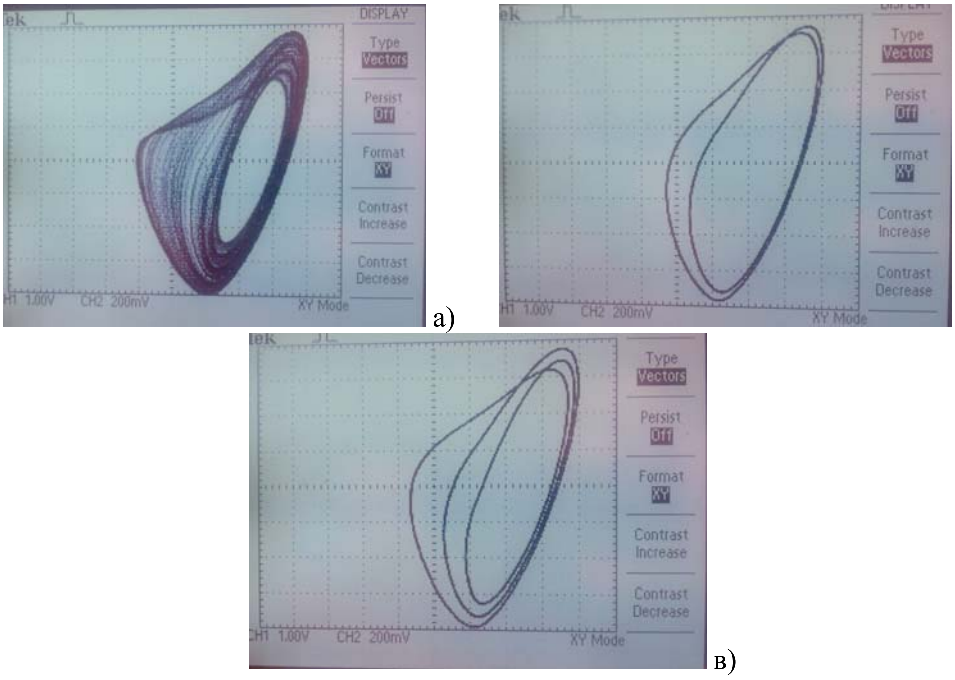

Рис. 4. Аттрактори, реалізовані схемою Чуа в площині U_{C2} – U_{C3}: некерований аттрактор (а), 2-періодний цикл, отриманий при рівні порогу 2,7 В (б), 4-періодний цикл, отриманий при рівні порогу 2,71 В (в).

Нами проведено експериментальне дослідження керування хаотичними коливаннями пороговим методом у схемі Чуа. Досліджувана схема наведена на рис.3.

Відповідні значення схемних компонентів: *C*1=23,5 мкФ, *C*2=100 нФ, *C*3=10 нФ, *DA*1–*DA*7: операційний підсилювач μA741, *R*2–*R*4=1 кОм, *R*5=1,8 кОм, *R*6=1710 Ом, *R*7 і *R*8=220 Ом, *R*9=2,2 кОм, *R*10 і *R*11=22 кОм, *R*12=3,3 кОм, *R*13=1 кОм, *R*14=100 кОм, *VD*1=1*N*4148. Відмітимо, що схема на рис.3 – конфігурація структури класичної схеми Чуа. В ній була здійснена заміна котушки індуктивності на аналог побудований на операційних підсилювачах для зменшення впливу внутрішнього опору на генерування хаотичного аттрактора.

Результати практичного дослідження наведені на рис.4.

Висновок

Отримані результати показують можливість керування хаотичними коливаннями пороговим методом, тобто виділення окремих орбіт з усієї сукупності орбіт хаотичного аттрактора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Паркер Т.С., Чжуа Л.О.* Введение в теорию хаотических систем для инженеров // ТИИЭР. – 1987. – **75**(8). – С.6.
2. *Lakshmanan M., Murali K.* Chaos in nonlinear oscillators: controlling and synchronization. – Singapore: World Scientific, 1996.
3. *Sinha S., Biswas D.* Adaptive dynamics on a chaotic lattice // Phys. Rev. Lett. – 1993. – **71**. – P.2010.
4. *Glass L., Zeng W***.** Bifurcations in flat-topped maps and the control of cardiac chaos // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 1994. – **4**. – P.1061-1067.
5. *Sahadevan R.* Nonlinear systems. – New Delhi: Narosa, 2002.