

УДК 621.311

В. П. Ефремов, В. Г. Костиков,  
С. А. Гетьман

## **АНАЛИЗ И ВЫБОР ГЕНЕРАТОРОВ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИСТОЧНИКАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

*Рассмотрен ряд автономных и неавтономных схем, способных демонстрировать хаотическое поведение. Приведены результаты численных исследований математических моделей хаотических систем. На основе проведенного анализа оценены перспективы практического использования различных схем генераторов хаоса.*

**Analysis and Selection of Generators of Chaotic Oscillations to Use in Electric Power Sources for Radio Electronic Systems / V.P. Yefremov, V.G. Kostikov, S.A. Getman // Vestnik MGTU. Priborostroenie. 2002. No. 2. P. 3–27.**

A number of both self-contained and powered circuits, capable of demonstrating the chaotic behaviour, is considered. Results of numerical studies of mathematical models of chaotic systems are given. Based on the analysis of the results, various circuits of a chaos generator have been rated on the prospects of the practical use. Refs.32. Figs.11.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев А. С., Панас А. И., Старков С. О. Динамический хаос как парадигма современных систем связи // Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 10. – С. 3–4.
2. Дмитриев А. С., Кузьмин Л. В., Панас А. И., Старков С. О. Эксперименты по передаче информации с использованием хаоса через радиоканал // Радиотехника и электроника. – 1998. – Т. 43. – № 9. – С. 1115–1128.
3. Hayes S., Grebogi C., Ott E., Mark A. Experimental Control of Chaos for Communication // Phys. Rev. Lett. – 1994. – V. 73. – № 13.
4. Ефремов В. П., Костиков В. Г. Использование динамического хаоса в источниках электропитания радиолокационных станций // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Приборостроение”. – 2000. – № 4. – С. 115–121.
5. Дмитриев А. С., Кислов В. Я. Стохастические колебания в радиофизике и электронике. – М.: Наука, 1989. – 280 с.
6. Калинин В. И., Залогин Н. Н., Кислов В. Я. Нелинейный резонанс и стохастичность в автоколебательной системе с запаздыванием // Радиотехника и электроника. – 1983. – Т. 28. – № 10. – С. 2001–2007.

7. Кислов В. Я., Мясин Е. А., Залогин Н. Н. О нелинейной стохастизации автоколебаний в электронно-волновом генераторе с задержанной обратной связью // Радиотехника и электроника. – 1980. – Т. 25. – № 10. – С. 2160–2168.
8. Анищенко В. С. Сложные колебания в простых системах. – М.: Наука, 1990. – 312 с.
9. Безручко Б. П., Булгакова Л. В., Кузнецов С. П. и др. Стохастические колебания и неустойчивость в лампе обратной волны // Радиотехника и электроника. – 1983. – Т. 28. – № 6. – С. 1136–1139.
10. Арансон И. С., Павлов Д. А. Пути перехода к стохастическим колебаниям автогенератора с ферритовым резонатором // Изв. вузов. Радиофизика. – 1986. – Т. 29. – № 7. – С. 781–787.
11. Калынов Э. В. Синхронные и стохастические колебания в неавтономном транзисторном генераторе с запаздывающей обратной связью // ЖТФ. – 1986. – Т. 11. – № 6. – С. 1009–1014.
12. Кияшко С. В., Пиковский А. С., Рабинович М. И. Автогенератор радиодиапазона со стохастическим поведением // Радиотехника и электроника. – 1980. – Т. 25. – № 2. – С. 336–343.
13. Меренков В. М., Геллер В. М. О стохастизации колебаний в генераторе на базе усилителя с распределенным усилением и нелинейной выходной линией // Изв. вузов. Радиофизика. – 1982. – Т. 25. – № 2. – С. 242–243.
14. Анищенко В. С., Астахов В. В., Летчфорд Т. Е. Экспериментальное исследование структуры странного аттрактора в модели генератора с инерционной нелинейностью // ЖТФ. – 1983. – Т. 53. – № 1. – С. 152–154.
15. Дмитриев А. С., Кислов В. Я., Старков С. О. Экспериментальное исследование образования и взаимодействия странных аттракторов в кольцевом автогенераторе // ЖТФ. – 1985. – Т. 55. – № 12. – С. 2417–2419.
16. Matsumoto T., Chua L. O., Tokumasa K. Double Scroll via a two-transistor circuit // IEEE Trans. Circuit and Syst. – 1986. – V. CAS-33. – № 8. – P. 828–835.
17. Емец С. В., Старков С. О. Цифровые методы генерации хаотических сигналов и передачи информации при использовании хаоса // Радиотехника и электроника. – 2000. – Т. 45. – № 4. – С. 462–470.
18. Мацумото Т. Хаос в электронных системах // ТИИЭР. – 1987. – Т. 75. – № 8. – С. 67–87.
19. Дмитриев А. С., Кислов В. Я., Спиро А. Г. Хаотические колебания в неавтономном генераторе с реактивной нелинейностью // Радиотехника и электроника. – 1985. – Т. 28. – № 12. – С. 2430–2439.
20. Kennedy M. P., Chua L. O. Van der Pol and chaos // IEEE Trans. Circuit and Syst. – 1986. – V. CAS-33. – P. 974–980.
21. Chua L. O., Yao Y., Yang Q. Devil's staircase route to chaos in a non-linear circuit // Int. J. Circuit Theory Appl. – 1986. – V. 14. – P. 315–329.
22. Ланда П. С., Перминов С. М. Пути возникновения стохастических автоколебаний в системах с инерционным возбуждением // Вестник МГУ. Сер. Физика, астрономия. – 1985. – Т. 26. – № 2. – С. 27–30.
23. Yamada T. Chaotic state in an Electronic Circuit analysis of Gollub et al's Experiment // Phys. Society of Japan. – 1982. – № 11. – P. 3423–3430.
24. Gollub J. P., Brunner T. O., Danly B. G. Periodicity and chaos in coupled nonlinear oscillators // Science. – 1978. – V. 200. – № 7. – P. 48–50.
25. Дмитриев А. С., Кяргинский Б. Е., Максимов Н. А. и др. Перспективы создания прямо хаотических систем связи в радио- и СВЧ-диапазонах // Радиотехника. – 2000. – № 3. – С. 9–20.
26. Пиковский А. С., Рабинович М. И. Простой автогенератор со стохастическим поведением // ДАН СССР. – 1987. – Т. 239. – № 2. – С. 301–310.

27. Андрушкевич А. В., Кинчатов А. А., Красичков Л. В. Путь к хаосу в кусочно-линейной модели генератора на туннельном диоде // Изв. вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. – 1993. – Т. 1. – № 1–2. – С. 93–103.
28. Kennedy P. Robust OP Amp Realization of Chua's Circuit // Frequenz. – 1992. – Bd. 46. – № 3–4. – P. 234–246.
29. Кальянов Э. В. Управление колебаниями хаотической бистабильной системы // Радиотехника и электроника. – 1999. – Т. 44. – № 3. – С. 315–323.
30. Хаслер М. Ж. Электрические системы с хаотическим поведением // ТИИЭР. – 1987. – Т. 75. – № 8. – С. 40–54.
31. Кальянов Э. В., Лебедев М. Н. Стохастизация колебаний в системе связанных генераторов при наличии инерционности // Радиотехника и электроника. – 1985. – Т. 30. – № 8. – С. 1570–1576.
32. Кальянов Э. В. Автостохастическая кольцевая система резистивно-связанных генераторов // Радиотехника и электроника. – 1999. – Т. 44. – № 7. – С. 842–850.

Статья поступила в редакцию 18.01.2001

Вениамин Павлович Ефремов родился в 1926 г., окончил в 1951 г. Московский электротехнический институт связи. Д-р техн. наук, профессор, академик РАН, генеральный конструктор войсковых зенитно-ракетных систем.

V.P. Yefremov (b. 1926) graduated from the Moscow Electric Engineering Institute for Communications in 1951. D.Sc. (Eng.), professor, academician of the Russian Academy of Sciences, general designer of army anti-aircraft and rocket systems.

Владимир Григорьевич Костиков родился в 1935 г., окончил в 1959 г. Харьковский политехнический институт. Д-р техн. наук, профессор кафедры “Конструирование и производство электронной аппаратуры” МГТУ им. Н.Э. Баумана, действительный член Академии электротехнических наук РФ. Автор более 120 научных работ в области электропитания радиолокационных комплексов.

V.G. Kostikov (b. 1935) graduated from the Kharkov Polytechnical Institute in 1959. D.Sc. (Eng.), professor of the “Design and Manufacturing of Electronic Apparatus” of the Bauman Moscow State Technical University, member of the RF Academy of electric engineering sciences. Author of over 120 publications in the field of electrical power sources and supply for radar complexes.

Сергей Анатольевич Гетьман родился в 1976 г., окончил в 1999 г. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ведущий инженер Научно-исследовательского электромеханического института. Автор 5 научных работ в области электропитания радиолокационных комплексов.

S.A. Getman (b. 1976) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 1999. Leading engineer of the research institute for electrical and mechanical engineering. Author of 5 publications in the field of electric power supply for radar complexes.