

## **АТТРАКТОР ТИПА ЛОРЕНЦА В ЭЛЕКТРОННОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ГЕНЕРАТОРЕ И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИ НАРУШЕНИИ ТОЧНЫХ УСЛОВИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА**

*С. П. Кузнецов*

Удмуртский государственный университет  
Россия, 426034 Ижевск, Университетская, 1  
Национальный исследовательский Саратовский государственный университет  
Россия, 410012 Саратов, Астраханская, 83  
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Саратовский филиал  
Россия, 410019 Саратов, Зеленая, 38  
e-mail: spkuz@yandex.ru

В работе рассматривается параметрический генератор, схема которого содержит три колебательных контура и квадратичный нелинейный реактивный элемент на основе операционного усилителя и аналогового умножителя, получены уравнения для амплитуд взаимодействующих мод.

Обращение к данной задаче имеет целью реализовать механизм параметрического взаимодействия колебательных мод, приводящий к возникновению странного аттрактора типа Лоренца, без искажений вносимых нелинейностями порядка три и выше, отвечающих за переход от квазигиперболического аттрактора к квазиаттрактору.

Исследование основано на сочетании схемотехнического моделирования с использованием программного продукта Multisim и численного решения сформулированных уравнений динамики системы в исходной форме и в виде редуцированных уравнений для медленно меняющихся комплексных амплитуд.

Предложенная схема является новой и впервые позволяет в чистом виде наблюдать в радиотехническом устройстве распадный механизм генерации хаоса, описанный в свое время Пиковским, Рабиновичем и Трахтенгерцем применительно к параметрическому взаимодействию волн в магнитоактивной плазме. Помимо демонстрации аттрактора типа Лоренца и характерных для него особенностей динамики в рамках схемотехнического моделирования и на основе численного решения уравнений в условиях точного выполнения условий параметрического резонанса, проведено исследование трансформации аттрактора при введении отстройки частот и представлена соответствующая карта режимов на плоскости параметров.

Показано, что при отклонении по частотам от точного параметрического резонанса вместо квазигиперболического аттрактора типа Лоренца реализуются аттракторы, хотя и обладающие с ним внешним сходством, но отличающиеся

отсутствием робастности – при вариации параметров возможно разрушение хаоса с возникновением регулярных режимов.

*Ключевые слова:* Параметрический генератор, аттрактор Лоренца, аналоговое моделирование.

DOI:10.18500/0869-6632-2016-24-3-68-87

*Ссылка на статью:* Кузнецов С.П. Аттрактор типа Лоренца в электронном параметрическом генераторе и его трансформация при нарушении точных условий параметрического резонанса // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2016. Т. 24, No 3. С. 68–87.

## **LORENZ TYPE ATTRACTOR IN ELECTRONIC PARAMETRIC GENERATOR AND ITS TRANSFORMATION OUTSIDE THE ACCURATE PARAMETRIC RESONANCE**

*S. P. Kuznetsov*

Udmurt State University  
Universitetskaya, 1, 426034 Izhevsk, Russia  
National Research Saratov State University,  
Astrakhanskaya, 83, 410012 Saratov, Russia  
Kotel'nikov's Institute of Radio-Engineering and Electronics of RAS, Saratov Branch,  
Zelenaya, 38, 410019 Saratov, Russia  
E-mail: spkuz@yandex.ru

The paper deals with a parametric oscillator composed of three LC-circuits and a quadratic nonlinear reactive element built on the basis of an operational amplifier and an analog multiplier; the equations for amplitudes of the interacting modes are derived.

Motivation is a desire to implement the mechanism of parametric interaction of oscillatory modes giving rise to emergence of a strange attractor of Lorenz type without distortions introduced by nonlinearities of order three and higher.

The study is based on a combination of circuit simulation using Multisim software and numerical integration of the dynamic equations of the system both in its original form and in the form of reduced equations for the slowly varying complex amplitudes.

The proposed scheme for the first time allows demonstrating the decay mechanism of chaos generation described earlier by Pikovsky, Rabinovich and Trahtengerts in concern to the waves in magnetized plasma, in an electronic device in purified form.

In addition to observation of the Lorenz-type attractor and characteristic features of the respective dynamics by means of the circuit simulation and on the basis of numerical

integration of equations in the case of precise parametric resonance conditions, a study of transformation of the attractors is carried out with detuning frequencies, and the corresponding chart of dynamical regimes on the parameter plane is presented.

It is shown that instead of the quasi-hyperbolic Lorenz-type attractor, with frequencies deviating from the exact parametric resonance, distinct types of attractors arise, although similar in shape to the original one, but lacking robustness: under variations of the parameters chaos may disappear with emergence of regular oscillatory regimes.

*Keywords:* Parametric oscillator, the Lorenz attractor, analog simulation.

DOI:10.18500/0869-6632-2016-24-3-68-87

*Paper reference:* Kuznetsov S.P. Lorenz type attractor in electronic parametric generator and its transformation outside the accurate parametric resonance // Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. 2016. Vol. 24, No 3. P. 68–87.