

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Шилин Д. Л., Пучинец В. В., Шилин Л. Ю.

Кафедра вычислительных методов и программирования, кафедра систем управления, кафедра теоретических основ электротехники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: puchinets.viktor@yandex.ru

*Рассмотрены основные свойства детерминированных колебаний и направления использования детерминированного хаоса*

## ВВЕДЕНИЕ

Детерминированным хаосом называется сложное нерегулярное движение в нелинейных системах. Данное хаотическое поведение может возникать при отсутствии внешних возмущений и полностью определяется свойствами самой системы [1, 2].

### I. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА

Одним из перспективных направлений использования детерминированного хаоса является его применение в системах связи.

В подавляющем числе современных систем связи носителем информации являются гармонические колебания. Информационный сигнал в передатчике модулирует эти колебания по амплитуде, частоте или фазе, а в приемнике информация выделяется посредством операции демодуляции.

По сравнению с гармоническими сигналами, детерминированный хаос обладает рядом свойств, которые могут быть полезны при передаче и обработке информации [3, 4]:

- возможность получения сложных колебаний с помощью простых по структуре устройств;
- возможность реализации большого количества хаотических режимов в одном устройстве, основано на высокой чувствительности к значениям начальных условий;
- возможность управления хаотическими режимами с использованием малых управляющих воздействий, к достоинствам данного свойства можно отнести низкую мощность управляющего сигнала по сравнению с мощностью модулируемого, к недостатку – высокую чувствительность;
- большая информационная емкость, что позволяет обеспечить высокую помехоустойчивость при кодировании сигнала;
- большое число возможных методов модуляции;
- возможность увеличения скорости модуляции по сравнению со скоростью модуляции регулярных сигналов за счет чувствитель-

ности хаотической системы к внешним возмущениям;

- возможность самосинхронизации передатчика и приемника;
- возможность разработки и реализации нетрадиционных методов мультиплексирования и демультиплексирования;
- возможность повышения конфиденциальности передачи информации;
- возможность обеспечения структурной скрытности передачи информации, так как колебания по своим статическим характеристикам почти не отличаются от нормального шумового процесса.

Одной из основных проблем применения детерминированного хаоса в коммуникационных технологиях, является необходимость точного воспроизведения хаотического колебания, используемого для переноски информации, на приемной стороне.

### II. ГЕНЕРАТОР ХАОСА

Исходя из выше сказанного, важнейшей составной частью системы передачи информации на основе динамического хаоса является генератор хаотических колебаний. Для обеспечения эффективной работы системы связи, генератор хаоса должен обладать определенными характеристиками. Например, генерируемый сигнал должен иметь равномерный спектр в нужной полосе частот.

Потому создание генераторов хаоса включает в себя разработку структуры генератора, математической модели, установление факта возможности работы устройства в режиме детерминированного хаоса, а также нахождение условий, при которых генератор обладает необходимыми спектральными и статическими характеристиками.

Из многочисленных источников хаоса, реализуемых в виде электронных устройств, не все могут рассматриваться в роли генераторов детерминированных колебаний по следующим причинам:

- большинство из источников хаоса генерируют хаотические колебания со спек-

тральными характеристиками, обладающими большой изрезанностью в полосе генерации, в то же время основным требованием для использования детерминированного хаоса в системах передачи данных является равномерность спектральной плотности в полосе генерации.

- многие источники хаоса могут быть реализованы только в области низких частот в силу свойств применяемых в них нелинейных элементов.

Авторами предлагается рассматривать все генераторы хаоса как четырехполюсник с обратной связью (рис. 1), которая позволяет расширить возможности формирования спектра хаотических колебаний.

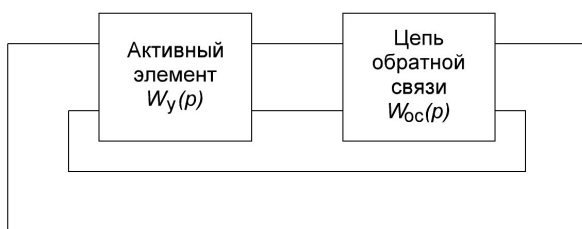


Рис. 1 – Четырехполюсник с обратной связью

В качестве простейших генераторов хаоса можно рассматривать четырехполюсники с минимальным числом элементов и транзистором в качестве активного элемента. Известно, что детерминированный хаос может быть получен в схемах с 1.5 степенями свободы и одним нелинейным элементом – транзистором.

Анализ спектральных характеристик хаотических режимов данных схем показывает, что в них могут быть получены хаотические колебания с относительно равномерной спектральной плотностью мощности в некотором диапазоне частот. Колебательные режимы обладают высокой чувствительностью к изменениям параметров, однако варьирование параметров не позволяет обеспечить разнообразие формируемых видов детерминированных колебаний.

Данные спектральные особенности хаотических систем с 1.5 степенями свободы связаны с невозможностью формирования разнообразных частотно-избирательных систем из минимального числа элементов.

Таким образом, для получения возможности формирования спектра мощности необходимо повышать размерность генератора хаоса. Для обеспечения широких возможностей по формированию спектра и сохранения способности системы к генерации хаотических колебаний, в цепь обратной связи включаются частотно-избирательные элементы. При этом форма спек-

тра мощности генерируемого сигнала определяется общей амплитудно-частотной характеристикой элементов в цепи обратной связи системы.

### III. ГЕНЕРАТОР ХАОСА НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Основным условием использования генератора хаоса в системах передачи данных является наличие необходимых спектральных и статических характеристик сигнала в заданной полосе частот.

Для решения данной проблемы, авторами предлагается разрабатывать генератор хаоса на базе системы фазовой синхронизации (СФС) (рис. 2).

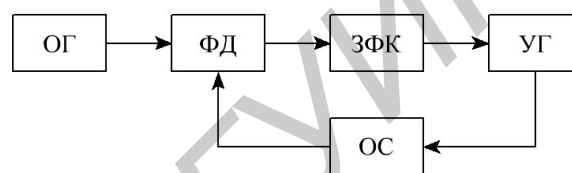


Рис. 2 – Функциональная схема СФС. (ОГ – опорный генератор, ФД – фазовый детектор, ЗФК – звенья фильтрации и коррекции, УГ – управляемый генератор, ОС – цепь обратной связи)

Главными преимуществами СФС по сравнению с другими генераторами хаоса являются:

- простота повышения числа степеней свободы системы за счет изменения структуры звеньев фильтрации и коррекции в цепи управления;
- хаотическая модуляция неэнергетических параметров, что обеспечивает необходимую защищенность от внешних возмущений;
- удобство управления параметрами детерминированных колебаний.

Авторами предлагается строить многомерные области параметров СФС, при которых она работает в режиме детерминированного хаоса, и нанесения на них областей качества, с указанием требуемых спектральных и статических характеристик сигнал в зависимости от параметров и начальной расстройки системы.

1. Шустер, Г. Детерминированный хаос: Введение // Перс. с англ. М: Мир, 1991.
2. Малинецкий, Г. Г., Потапов А. Б. Нелинейная динамика и хаос. М.: КомКнига, 2006.
3. Дмитриев, А. С., Смирнов, С. О. Передача сообщений с использованием хаоса и классическая теория информации. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1998, №11, с. 4-32
4. Вельский, Ю. Л. Дмитриев, А. С. Передача информации с помощью детерминированного хаоса. Радиотехника и электроника. 1993, Т. 38, №8.