

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ХАОСА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Федоренко П. В., Теребей М. В., Какора В. А.

Чердынцев В. А. – д-р. техн. наук, проф.

Произведено численное моделирование на предмет исследования автокорреляционных, взаимокорреляционных функций, спектральных характеристик формируемого широкополосного хаос сигнала (ШХС).

При проектировании систем связи с широкополосными сигналами остро стоит вопрос о количестве сигналов в системе (объем системы сигналов). ШХС способны решить проблему построения огромных ансамблей квазиортогональных сигналов.

В докладе приведены результаты моделирования ШХС (бинарных (клиппированный хаос), многоуровневых), исследованы автокорреляционные (АКФ) и взаимокорреляционные (ВКФ) функции. Построены спектры этих сигналов.

Из проведенного численного исследования можно сделать следующий вывод: корреляционные характеристики случайно-подобных процессов, формируемых хаос-генераторами в общем случае лучше, чем у псевдослучайных последовательностей. При небольшом изменении начальных условий формирователя он порождает совершенно иной, некоррелированный с первым, процесс. На рис.1 показаны: а) 8-ми уровневый хаос-сигнал; б) его нормированная автокорреляционная функция; в) взаимокорреляционная функция двух хаос сигналов с энергиями  $E_1=900$  Дж и  $E_2=877$  Дж.

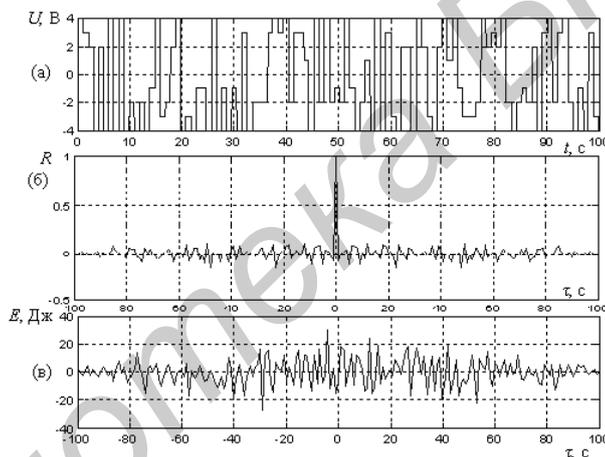


Рис. 1

Как видно из рисунка, величина ненормированной ВКФ не превышает 30 Дж. Это значит, что как АКФ, так и ВКФ многоуровневых последовательностей значительно лучше, чем у бинарных.

Для систем связи с расширением спектра информационного сигнала очень важно, чтобы спектральная плотность формируемого широкополосного сигнала была как можно более равномерна. Только в этом случае эффективно используется частотный ресурс и повышается скрытность систем передачи информации. На рис.2 представлены амплитудные спектры: а) бинарного ШХС длительностью  $N = 1000$ ; б) непрерывного ШХС с континуумом значений.

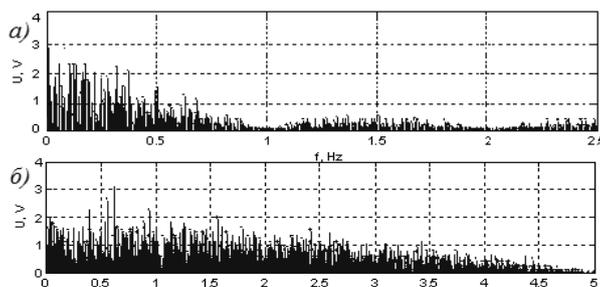


Рис. 2

Как видно амплитудный спектр изрезан и непредсказуем (особенно при больших  $N$ ). Единственный минус — это четко выраженные минимумы амплитудного спектра, вызванные дискретностью смены значений ШХС. При

переходе к непрерывному хаосу этот недостаток исчезает (рис.2,б) и амплитудный спектр практически равномерен в широкой полосе частот.

Показано, что для ШХС выполняются все требования, необходимые для радиосистем: эти сигналы являются широкополосными с большой базой, их спектральная плотность в полосе канала передачи равномерна, АКФ имеет один узкий пик и малые боковые выбросы, сигнал полностью воспроизводится в приемном устройстве, что необходимо для корреляционной обработки. Близость характеристик ШХС к характеристикам гауссовского процесса также является важным качественным показателем, обеспечивающим структурную скрытность полезного сигнала на фоне шумовых помех, в большинстве случаев имеющих нормальное распределение. Структуру M-последовательности разгадывают именно по ее отличию от нормального случайного процесса.

Список использованных источников:

[1] Чердынцев В.А. Системы передачи информации с расширением спектра сигналов / В.А. Чердынцев, В.В. Дубровский. — Минск: БГУИР, 2009. — 130 с.

[2] Кислов В. Я. Новый класс сигналов для передачи информации. Широкополосные хаотические сигналы. / В. Я. Кислов, В. В. Кислов // Радиотехника и электроника 1997. - № 8. - с. 962...973.

Библиотека БГУИР