

## ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ АМ-МОДУЛЯЦИИ ХАОТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ДВ-АВТОГЕНЕРАТОРА

В.В. Зайцев, И.В. Стулов, А.Н. Шилин  
г. Самара, Самарский государственный университет

Одно из направлений скрытной передачи информации базируется на использовании хаотических сигналов [1]. Они могут применяться как для прямой маскировки информации (chaotic masking), так и в качестве несущих колебаний, модулируемых по амплитуде или частоте (фазе).

В настоящем сообщении рассматривается схема передачи дискретных во времени сигналов (ДВ-сигналов) методом амплитудной модуляции автоколебаний ДВ-осциллятора Ван дер Поля. Этот ДВ-автогенератор введен в рассмотрение в работе [2] и определяется нелинейным разностным уравнением движения (алгоритмом генерации)

$$\begin{aligned} x[n] - 2\alpha \cos(2\pi\Omega_0)x[n-1] + \alpha^2 x[n-2] = \\ = \gamma(1 - x^2[n-1])(x[n-1] - x[n-2]) \end{aligned} \quad (1)$$

с константами диссипации  $\alpha = \exp(-\pi\Omega_0 / Q)$  и глубины положительной обратной связи  $\gamma$ . Параметры уравнения  $\Omega_0$  и  $Q$  в аналоговом прототипе – осцилляторе Ван дер Поля – являются собственной частотой и добротностью резонатора ( $\Omega_0$  измеряется в единицах частоты дискретизации). В широких интервалах значений параметров  $\Omega_0$  и  $\gamma$  осциллятор (1) способен генерировать широкополосные хаотические автоколебания. Например, на рис. 1, а непрерывной линией показан усредненный амплитудный спектр автоколебаний для значений  $\Omega_0 = 0.205$ ,  $Q = 15$  и  $\gamma = 0.24$ . Оценка спектра проведена по реализации длиной в 65536 отсчетов методом Бартлетта с 256-точечным дискретным преобразованием Фурье.

Наиболее простой способ амплитудной модуляции хаотических автоколебаний осциллятора (1) – это линейная модуляция «в антенне»:

$$y[n] = (1 + s[n])x[n],$$

где  $s[n]$  – информационный сигнал.

На рис. 1, а точки отображают усредненный амплитудный спектр АМ-сигнала  $y[n]$ . При этом в качестве модулирующего сигнала  $s[n]$  выступали реализации нормально распределенного случайного процесса в

полосе частот  $0 \leq \Omega \leq \Omega_m = 0.025$  нулевым средним и дисперсией  $D[s] = 0.001$ . Отрезок реализации сигнала  $s[n]$  показан на рис. 1, б пунктирной линией. Наблюдаемое совпадение спектров несущего и модулированного колебаний указывает на высокую степень маскировки передаваемого сообщения.

Детектирование (декодирование) сигнала  $y[n]$  выполняется с помощью копии  $x_c[n]$  хаотических автоколебаний  $x[n]$ , восстановленной получателем при наличии у него информации о значениях параметров  $\gamma$ ,  $\Omega_0$ ,  $Q$  и начальных значениях  $x[0]$  и  $x[1]$ . Алгоритм декодирования имеет вид:

$$s[n] = FL \left\{ \frac{|y[n] - |x_c[n]|}{|x_c[n]|}, \Omega_c \right\}. \quad (2)$$

Здесь операция  $FL\{\circ, \Omega_c\}$  – это фильтрация дискретного сигнала ФНЧ с частотой среза  $\Omega_c$ . В описываемых численных экспериментах использовался Фурье-фильтр с  $\Omega_c = 0.025$ .

Результат детектирования – отрезок реализации восстановленного информационного сигнала представлен на рис. 1, б непрерывной линией. Для анализируемой реализации  $s[n]$  отношение сигнал/шум в процессе преобразований модуляция-детектирование равно  $SNR = 60.1 \text{ dB}$ .

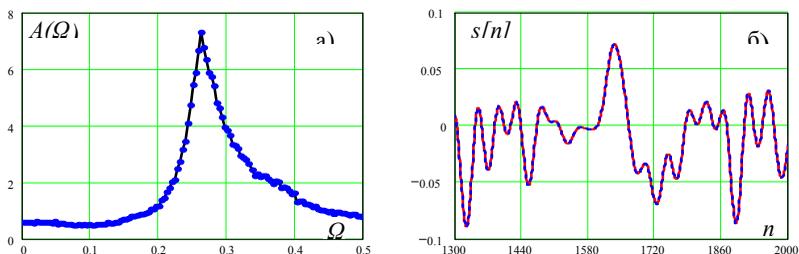


Рисунок 1 - Амплитудный спектр (а) и информационный сигнал (б)

Успех в декодировании полученного хаотического сигнала  $y[n]$  зависит от точности восстановления копии  $x_c[n]$  и определяется знанием параметров первичного хаотического генератора (1). В работе [3] для режима хаотической маскировки показано, что наиболее значима точность установки параметров  $\gamma$  и  $\Omega_0$ .

#### Список использованных источников

- 1 Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: Новые носители информации для систем связи. М.: Физматлит, 2002. 251 с.
- 2 Зайцев В.В., Давыденко С.В., Зайцев О.В. Динамика автоколебаний дискретного осциллятора Ван дер Поля // ФВПиРТС. 2000. Т. 3. №2. С.64.
- 3 Зайцев В.В. [Скрытая передача информации на основе хаотических автоколебаний дискретного осциллятора](#) //ФВПиРТС.-2007.Т.-10.№1.С.132.

УДК 621.373.122

### ОСОБЕННОСТИ АВТОДИННЫХ И ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРОВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

К.А. Игнатков

г. Екатеринбург, УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Автодины (АД) являются простейшими приёмо-передающими устройствами, функционально представляющими собой лишь совокупность автогенератора и средств выделения автодинного отклика. Актуальной задачей последнего времени стало изучение обычных и стабилизированных по частоте внешним высокодобротным резонатором автодинных модулей, изготовленных с применением гибридно-интегральной технологии на основе мезапланарных диодов Ганна КВЧ диапазона.

Функциональная схема простейшего радиолокатора, у которого автодинный генератор АД связан с антенной А без развязывающих элементов, представлена на рис. 1. Рабочее смещение на активный элемент АЭ автодинного генератора подаётся от источника питания  $E_{\Pi}$  через блок регистрации БР. Электромагнитные колебания, вырабатываемые АД излучаются через приёмо-передающую антенну А в направлении отражающего объекта ОО. Отражённое излучение через антенну А возвращается в генератор АД, вызывая в нём автодинный эффект. Возникающие автодинные изменения среднего значения тока или напряжения в цепи питания АЭ генератора преобразуются в напряжение выходного сигнала  $u_0$  (сигнал «автодетектирования»). Возможно выделение полезного сигнала автодинных изменений амплитуды или частоты автоколебаний в напряжение выходного сигнала  $u_1$  (сигнал «внешнего детектирования»).