

УДК 621.396.24(04)

И.В. РОМАНОВ, И.В. ИЗМАЙЛОВ, А.П. КОХАНЕНКО, Б.Н. ПОЙЗНЕР

РОЛЬ РАССОГЛАСОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТЧИКА И ПРИЁМНИКА В СИСТЕМЕ ХАОТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ В ВИДЕ КОМПОЗИЦИИ ПАРАБОЛ

Для системы передачи данных с нелинейным подмешиванием информационного сигнала и хаотическим откликом в случае нелинейности в виде композиции парабол экспериментально выяснено влияние рассогласования параметров приёмника и передатчика на шумовые характеристики устройства.

Ключевые слова: детерминированный хаос, конфиденциальная связь, сигнал / шум, рассогласование параметров приёмника и передатчика.

Системы передачи данных, использующие колебания генератора детерминированного хаоса в качестве несущих информацию, чувствительны к искажениям сигнала в канале связи, а также к аддитивным шумам [1]. Исследуется система, в которой осуществляется нелинейное подмешивание информационного сигнала к хаотическому в передатчике и восстановление сигнала с помощью синхронного хаотического отклика в приёмнике [2].

Работу системы передачи данных можно описать системой дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1(t)}{dt} &= \frac{f(D_1 + K_1(z_1(t))) - x_1(t)}{T_1}, & \frac{dy_1(t)}{dt} &= \frac{x_1(t) - y_1(t)}{T_2}, \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= \frac{f(D_2 + K_2\psi(z_1(t))) - x_2(t)}{T_3}, & \frac{dy_2(t)}{dt} &= \frac{x_2(t) - y_2(t)}{T_4}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $z_1(t) = x_1(t - \tau) - y_1(t - \tau) + m_1(t)$; $z_2(t) = x_2(t - \tau) - y_2(t - \tau)$; $m_2 = \psi(z_1(t)) - z_2(t)$.

В (1) первые два уравнения описывают сигнал в передатчике, вторые – в приёмнике. Переменные x_1 и y_1 (x_2 и y_2) – падения напряжений в ФНЧ и ФВЧ передатчика (приёмника); $m_2(t)$ – восстановленное сообщение на выходе вычитателя приёмника; $z_2(t)$ – сигнал на выходе ЛЗ в приёмнике; $m_1(t)$ – информационное сообщение; T_1, T_2 (T_3, T_4) – постоянные времени ФНЧ и ФВЧ в передатчике (приёмнике); K_1 (K_2) – коэффициент усиления регулируемого усилителя в передатчике (приёмнике); D_1 (D_2) – напряжение постоянного смещения в передатчике (приёмнике); f – передаточная характеристика нелинейного элемента [2]. Оператор $\psi(z_1(t))$ учитывает шумы и искажения в канале связи.

Обозначим параметры передатчика и приемника как $r_1 = (K_1, D_1, T_1, T_2, \tau)$ и $r_2 = (K_2, D_2, T_3, T_4, \tau)$. Тогда абсолютное Δr_i и относительное δr_i несовпадение соответствующего параметра в системе передачи данных задаются следующими выражениями:

$$\Delta r_i = r_{i2} - r_{i1}, \quad \delta r_i = \frac{r_{i2} - r_{i1}}{r_{i1}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

На рис. 1 представлены результаты измерений зависимости отношения сигнал/шум (С/Ш) от несовпадения δD напряжений смещения передатчика и приёмника при различных значениях коэффициента усиления K , где μ – отношение мощностей информационного и хаотического сигналов в передатчике. Все кривые имеют максимум при $\delta D = 0$, когда значения напряжения смещения приёмника и передатчика совпадают. Асимметрия вида кривых 1, 2 и 3 на рис. 1 объяснима различием в значениях локального наклона на передаточной характеристике нелинейного элемента в окрестности точки D . Для $\delta D < 0$ наклон меньше, чем для $\delta D > 0$.

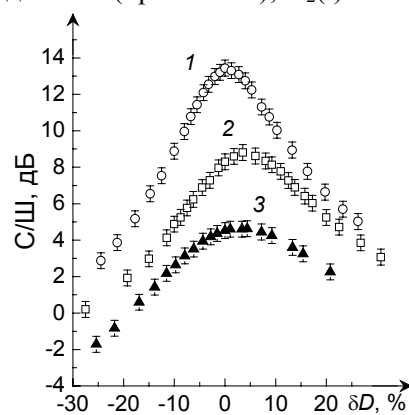


Рис. 1. Зависимость С/Ш от δD при $D_1 = -400$ мВ, $a = 300$ мВ, $b = 1,7$ В, $T_1 = T_3 = 2,7 \cdot 10^{-8}$ с, $T_2 = T_4 = 3,3 \cdot 10^{-6}$ с, $\tau = 4,2 \cdot 10^{-7}$ с, $\mu = 0,25$. Кр. 1, 2, 3 построены для $K = 4,55$; $K = 4,95$; $K = 6,0$

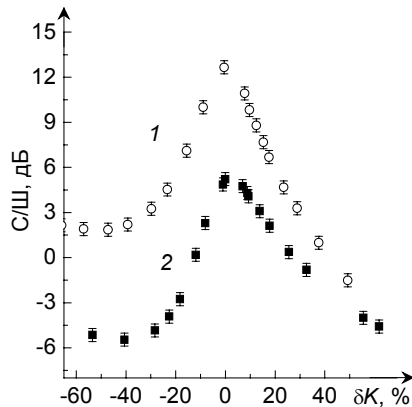


Рис. 2. Зависимость $C/Ш$ от δK при: $D_1 = D_2 = -400$ мВ, $a = 300$ мВ, $b = 1,7$ В, $T_1 = T_3 = 2,7 \cdot 10^{-8}$ с; $T_2 = T_4 = 3,3 \cdot 10^{-6}$ с, $\tau = 4,2 \cdot 10^{-7}$ с, $\mu = 0,25$. Для кр. 1 (2) $K = 4,57$ ($K = 5,89$)

экспериментального изучения зависимости $C/Ш(K)$. С увеличением K наблюдается уменьшение отношения сигнал/шум на выходе приёмника (кривая 1). Причём кривую 1 можно разделить на два линейных участка разного наклона. Первый – с сильным наклоном – соответствует диапазону K от 5 до 7. Второй – соответствует слабому изменению отношения сигнал/шум в пределах K от 7 до 9,5. Кривая 2 отображает отношение полезного сигнала к хаотическому в канале связи (на входе в приёмник). С ростом K доля полезного сигнала увеличивается с -10 до -5 дБ. При достижении значения $K \approx 6,7$ рост отношения $C/Ш$ сменяется участком его медленного падения.

Итак, полученные экспериментальные результаты количественно демонстрируют возможность передатчика скрыть информационный сигнал в хаотическом сигнале при последующем его восстановлении (с некоторой потерей качества) в приёмнике. Поэтому разрабатываемая система передачи применима для скрытой передачи сообщений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: ИФМЛ, 2002. – 252 с.
2. Романов И.В., Измайлов И.В., Коханенко А.П., Пойзнер Б.Н. // Изв. вузов. Физика. – 2011. – Т. 54. – № 5. – С. 50–55.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия
E-mail: pznr@elefot.tsu.ru

Поступила в редакцию 15.06.12.

Романов Илья Владимирович, аспирант;
Измайлов Игорь Валерьевич, к.ф.-м.н., ст. преподаватель;
Коханенко Андрей Павлович, д.ф.-м.н., профессор;
Пойзнер Борис Николаевич, к.ф.-м.н., профессор.

На рис. 2 представлены результаты измерений отношения сигнал/шум в зависимости от несовпадения δK коэффициента усиления приёмника и передатчика. При значении $\delta K = 0$ кривые 1 и 2 принимают своё максимальное значение. При значениях несовпадения параметров приёмника и передатчика δK на 40 % для $K = 4,57$ (кривая 1) и на 25 % для $K = 5,89$ (кривая 2) отношение $C/Ш$ равно 0 дБ. Для отрицательных значений δK ($\delta K \approx -40$ %) характерно наличие перегиба. Он возникает из-за того, что при уменьшении коэффициента усиления K в приёмнике падает вклад синхронного хаотического отклика (z_2 (см. рис. 1)) в восстановленный информационный сигнал m_2 в приёмнике.

Характер изменения кривых на рис. 1 и 2 позволяет судить о существовании связи между $C/Ш$ и коэффициентом усиления. На рис. 3 представлены результаты

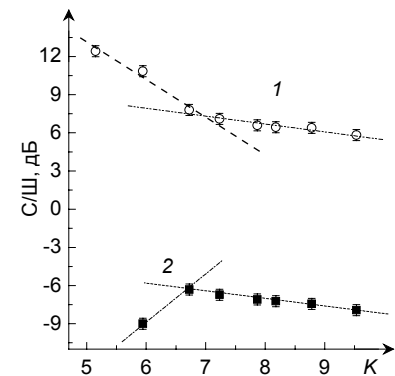


Рис. 3. Зависимость $C/Ш$ от K на выходе (кр. 1) и входе приёмника (кр. 2): $D_1 = -400$ мВ, $a = 300$ мВ, $b = 1,7$ В, $T_1 = T_3 = 2,7 \cdot 10^{-8}$ с, $T_2 = T_4 = 3,3 \cdot 10^{-6}$ с, $\tau = 4,2 \cdot 10^{-7}$ с, $\mu = 0,25$