

$$a_1 = b^2 \cdot \cos^2 \theta + a^2 \cdot \sin^2 \theta;$$

$$b_1 = b^2 \cdot (B \cdot \cos \theta - H_R \cdot \sin 2\theta) + a^2 \cdot H_R \cdot \sin 2\theta;$$

$$c_1 = \frac{b^2 \cdot B^2}{4} - b^2 \cdot B \cdot H_R \cdot \sin \theta + b^2 \cdot H_R^2 \cdot \sin^2 \theta + a^2 \cdot H_R^2 \cdot \cos^2 \theta - a^2 \cdot b^2.$$

14. Вычисляем значение поперечной дальности от начала координат (в точке расположения приёмника) от точки А и до точки В по формуле:

$$D_n = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4 \cdot a_1 \cdot c_1}}{2 \cdot a_1}.$$

15. Вычисляем величину элемента разрешения как разность поперечных дальностей до точки В и до точки А:

$$\delta D_n = D_{nB} - D_{nA}.$$

16. Строим график зависимости $\delta D_n = f(D_{nA})$, повторяя расчеты начиная с четвертого пункта, до тех пор, пока выполняется условие:

$$D_{nA} \leq D_{nAmax}.$$

УДК 519.6

ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДУФФИНГА-ХОЛМСА В СИСТЕМАХ С ШУМОВЫМ МАСКИРОВАНИЕМ

Ю. Р. Буткевич, В. В. Афанасьев
КНИТУ им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Казань

Одним из преимуществ использования псевдослучайных сигналов в системах связи является возможность применения методов обработки, основанных на свойствах порождающих дискретно-нелинейных систем и существующих функциональных связях между формируемыми сигналами таких систем [1] Избирательное подавление сигналов нелинейных систем открывает новые возможности в распознавании, идентификации, приёме и обработке сигналов в цифровых системах передачи информации на базе эффектов хаотической динамики [2]. В данной работе рассматривается избирательное подавление сигналов дискретно-нелинейных систем Дуффинга-Холмса.

Цель работы - оценка влияния шумов на эффективность избирательного подавления сигналов дискретно-нелинейных динамических систем Дуффинга-Холмса на приемной стороне при построении системы связи с шумовой маскировкой.

Для достижения поставленной цели, произведено моделирование системы Дуффинга-Холмса (1) методом Рунге Кутты в математической среде Machcad.

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = \frac{1}{2}F(x) - by + a \cdot \sin \omega t \end{cases}, \quad (1)$$

где $F(x) = x - x^3$.

В работе использована встроенная функция Machcad «*rkfixed*». Выбраны параметры моделируемой дискретно-нелинейной системы Дуффинга-Холмса, позволяющие получить хаотическое поведение системы: $b=0.15, a=0.15, w=0.8$ [3].

Избирательное подавление сигналов системы Дуффинга-Холмса проведено по принципу двухканальности теории инвариантности. Исследована зависимость эффективности избирательного подавления сигналов системы Дуффинга-Холмса от шага временной дискретизации, получены оценки влияния шумов на коэффициенты подавления сигналов системы Дуффинга-Холмса при вариации шага временной дискретизации. Полученные оценки представлены в табл. 1—2.

Таблица 1 - Коэффициенты подавления при шаге дискретизации 0.05

Сигнал/шум	-1дБ	-2дБ	-3дБ	-4дБ
К	-2.63дБ	-2.51дБ	-2.46дБ	-2.43дБ

Таблица 2 - Коэффициенты подавления при шаге дискретизации 0.1

Сигнал/шум	-1дБ	-2дБ	-3дБ	-4дБ
К	-2.65дБ	-2.52дБ	-2.46дБ	-2.43дБ

Установлено, что увеличение шага интегрирования при формировании сигналов дискретно нелинейной системы уменьшает коэффициент подавления сигналов, как и снижение отношения сигнал/шум. Действующие высокочастотные шумы оказывают большее влияние на величину коэффициента подавления, чем низкочастотные шумы (до 30 дБ по уровню допустимого уровня отношения С/Ш), что указывает на необходимость применения дополнительной предварительной фильтрации селективируемых сигналов.

Список используемых источников

1. Дмитриев А.С. Генерация хаоса /Дмитриев А.С., Ефремова Е.В., Максимов Н.А., Панас А.И. – М.: Техносфера, 2012. – 424с.

2. Дмитриев, А.С., Панас, А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. /А. С. Дмитриев, А. И. Панас. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. – 252 с

3. Буткевич Ю.Р., Афанасьев В.В. Математическое моделирование управляемой дискретно-нелинейной системы Ван-дер-Поля. //Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы 13-й Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019.- С. 37-39.

Ю. Р. Буткевич, студент, В. В. Афанасьев, науч. рук. проф. каф. ЭКСПИ, д.т.н. Казанский национальный исследовательский технический университет им. Туполева (КНИТУ-КАИ), Казань

УДК- 519.6

ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДУФФИНГА-ХОЛМСА

Ю. Р. Буткевич, В. В. Афанасьев
КНИТУ им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Казань

Один из перспективных способов конфиденциальной передачи сообщений с шифрованием является применение новых носителей информации на основе динамического хаоса [1]. Для выделения сигналов из шумов широко применяется корреляционные алгоритмы. Особенности воздействия шумов и помех на эффективность корреляционной обработки хаотических сигналов нелинейных динамических систем Дуффинга-Холмса исследованы недостаточно подробно.

Цель работы – сравнительная оценка влияния эффективности корреляционной обработки сигналов систем Дуффинга-Холмса при вариации параметров шумов и продолжительности корреляционного накопления.

Разработаны средства моделирования в математической среде Mathcad численного решения системы нелинейных уравнений Дуффинга-Холмса

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = \frac{1}{2}F(x) - by + a \cdot \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

где $F(x) = x - x^3$ [1].

Решение данной системы получено методом Рунге-Кутта 4-го порядка применением функции «rkfixed» при следующих параметрах системы: $b=0.15, a=0.15, w=0.8$, выбранных по рекомендациям, полученным в [2].

При моделировании, для формирования реализаций помех использована функция «rnd».