

This make it possible to formalize the generation of a list of activities for the operational management of business processes.

**Keywords:** business process category, the category of performance indicators, the category of activities functor.

**УДК 621.391**

**В. В. КОРЧИНСКИЙ**, канд. техн. наук, доц., Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

## **МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Рассматриваются методы имитационного моделирования шумовых сигналов для задачи применения их в современных конфиденциальных системах связи. Приведен сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов, формируемых на основе различных законов распределения.

**Ключевые слова:** шумовой, хаотический, сигнал, спектр, конфиденциальный.

**Введение.** Шумы в каналах связи всегда являются мешающим фактором и рассматриваются как помеха, воздействующая определенным образом на передаваемый сигнал. Поэтому, обязательное требование при проектировании любой системы связи это снижение уровня возможных помех и обеспечение заданной достоверности приема информации. Известно [1, 4], что шум порождается источниками как естественного, так и искусственного происхождения, который, в последнем случае, может создаваться преднамеренно с помощью радиосредств специального назначения с целью затруднения нормальной работы той или иной системы связи. С этой точки зрения противоречивой выглядит постановка задачи о возможности использования шумовых сигналов в современных системах связи. Однако стратегия развития противодействия средствам несанкционированного доступа (НСД) показывает целесообразность использования шумов в конфиденциальных системах связи, специально формируемых, которые, в данном случае, можно рассматривать как шумовые сигналы.

Практическое использование шумов имеет два основных направления, связанных в основном с негражданским применением, а именно, маскировка работы собственных информационных систем и создание помех работающим подобным системам вероятного противника.

Внимание к шумовым сигналам связано с проблемами, которые являются результатом интенсивного развития различных информационных технологий. Одним из видов шумового сигнала есть хаотический сигнал. За последнее десятилетие было издано большое количество научных работ, которое посвящено возможностям применения хаотических процессов и свидетельствует о сложившемся направлении в области телекоммуникаций.

Можно выделить три основных свойства хаотических сигналов [2], определивших перспективу их применения для задачи передачи информации: широкополосность, сложность и ортогональность.

Широкополосность характерна для большинства типов хаотических сигналов, так как их спектр намного превосходит спектр исходного информационного сигнала. Кроме этого хаотические сигналы непериодичны и имеют непрерывный спектр.

Свойство широкополосности хаотических сигналов позволяет достаточно эффективно решать проблемы, которые связаны с затуханием сигнала в некоторой полосе частот (фединг) или с узкополосными возмущениями, под которыми также можно понимать помехи, создаваемые станциями радиотехнического противодействия [4].

---

© В. В. КОРЧИНСКИЙ, 2013

С точки зрения защиты информации от НСД использование широкополосного сигнала (ШПС) позволяет достаточно эффективно решать задачи, которые связаны не только с помехоустойчивостью передаваемых сообщений, но и с обеспечением различных показателей скрытности сигнальных конструкций: энергетической, структурной и информационной.

Энергетическая скрытность ШПС реализуется за счет целенаправленного расширения спектра информационного сигнала [3], например, [методом прямой последовательности](#) (ПП) ([DSSS](#) – Direct Sequence Spread Spectrum) и уменьшения мощности излучения на передаче. Данный метод передачи дает возможность принимать сообщения при соотношении сигнал/помеха, который много меньше единицы, т.е. маскировать полезный сигнал под уровень шумов в канале. Кроме этого снижается влияние многолучевого распространения сигнала, ослабляется воздействие многих видов помех и обеспечивается электромагнитная совместимость с другими радиоэлектронными средствами.

Формируемые хаотические сигналы имеют достаточно сложную и нерегулярную структуру. Незначительное изменение начальных условий работы генератора хаоса даёт возможность создавать совершенно разные процессы, что в перспективе затрудняет определение и предсказание структуры сигнала даже за весьма длительное время своей работы. Данное свойство непредсказуемости и сложности хаотических сигналов характеризуется показателем структурной скрытности и обосновывает целесообразность их применения, как в криптографии, так и в качестве несущих сигнальных конструкций практически в любой среде передачи.

Нерегулярность хаотических сигналов сказывается на весьма быстром затухании автокорреляционной функции, поэтому разные реализации могут быть слабо коррелированными. Это свойство предопределяет перспективу применения хаотических сигналов для многопользовательских систем связи с кодовым разделением каналов.

Перечисленные свойства хаотических сигналов предопределяют целесообразность их применения в конфиденциальных системах связи и системах многопользовательского доступа.

Исследованиям свойств сложных сигналов, к числу которых относятся ШПС, принципам применения их в широкополосных телекоммуникационных системах, закономерностям поведения таких систем в каналах с комплексом помех и искажений посвящены многие научные работы [2-6]. В работе [6] предложен один из методов синтеза дискретного шумового сигнала. Однако ряд аспектов построения радиоканалов со сложными сигналами требует дальнейшего развития. Представляет интерес сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов, формируемых на основе различных законов распределения.

**Цель работы.** Целью данной статьи является сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов, формируемых на основе различных законов распределения методом имитационного моделирования

**Сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов.** При построении систем связи с ШПС необходимо учитывать ряд следующих требований [2, 3]:

- 1) сигнал должен быть широкополосным, т.е. база сигнала  $B = FT \gg 1$ , где  $T$  – длительности сигнала;  $F$  – ширина полосы частот сигнала;
- 2) спектральная плотность шума в полосе должна быть равномерной;
- 3) автокорреляционная функция (АКФ) должна иметь очень узкий пик и малые выбросы на интервале  $T$ ;
- 4) сигнал должен быть воспроизводим в приемном устройстве в случае корреляционного приема.

На сегодня создано большое количество методов формирования шумового сигнала, как аппаратных, так и программных, однако, отсутствует сравнительный анализ качества синтезируемых сигнальных конструкций. При «чисто» шумовом сигнале с ограниченной базой сложно обеспечивать в каждой реализации постоянство уровня боковых лепестков АКФ [4], что также вызывает затруднение в обеспечении стабильной работы передатчика в условиях, когда непрерывно меняется его мощность передачи. Поэтому, обоснованно использование заранее отобранных «хороших» реализации широкополосных сигналов, которые могут быть сформированы на основе программных генераторов шума или методом имитационного моделирования.

Рассмотрим программный генератор хаоса, реализации которого формируются в соответствии с некоторым разностным уравнением

$$x_{n+1} = f(x_0; x_n; a) \quad (1)$$

где  $f(\cdot)$  – нелинейная функция отображения;  $a$  – управляющий параметр,  $x_0, x_n, x_{n+1}$  – начальное, текущее и последующее значения соответственно. Свойства дискретных генераторов хаоса определяются видом функции отображения и значениями управляющих параметров. Например, дискретные значения хаотической последовательности можно реализовать на основе логистического отображения

$$x_{n+1} = ax_n(1 - x_n), \quad (2)$$

где  $a=3,9$  – управляющий параметр,  $x_n$  – начальное значение хаотической последовательности. Данный генератор является детерминированным устройством, поэтому сформированный по определенному алгоритму сигнал также является детерминированным. В таком генераторе малейшее изменение его начальных параметров приводит к существенному изменению формы генерируемого колебания, что имеет практический интерес для формирования различных траекторий хаотического процесса.

Рассмотрим математическую модель шумового сигнала, сконцентрированного в полосе  $\Delta f_{ш}$ , на основе синусоидального колебания, модулированного по амплитуде с некоторым заданным законом распределения. Тогда шум с полосой  $\Delta f_{ш} \ll \Delta f_0$  можно представить в виде широкополосного сигнала

$$u_{ш}(t) = U_{ш}(t) \cos[2\pi f_0 t - \varphi_{ш}(t)], \quad (3)$$

где амплитуда  $U_{\text{ш}}(t)$  и фаза  $\varphi_{\text{ш}}(t)$  – взаимонезависимые случайные функции, медленно изменяющиеся по сравнению с  $\cos 2\pi f_0 t$ ;  $f_0$  – центральная частота спектра шума.

Метод формирования шумового сигнала на основе синусоидального сигнала представлен на рис. 1.

На этом рис.1 показана система прямоугольных координат с начальной точкой  $P_1$ , которая движется против часовой стрелки с постоянной скоростью по окружности, если формируется гармоническое колебание или по кривой (точки  $P_1, P_2, \dots$ ), тогда формируется шумовой сигнал  $u_{\text{ш}_1}(t)$ .

Методом имитационного моделирования были сформированы шумовые сигналы на основе синусоидального колебания, модулированного по амплитуде различными законами распределения: равномерным, экспоненциальным и нормальным.

Автокорреляционная функция таких сигналов определяется по формуле:

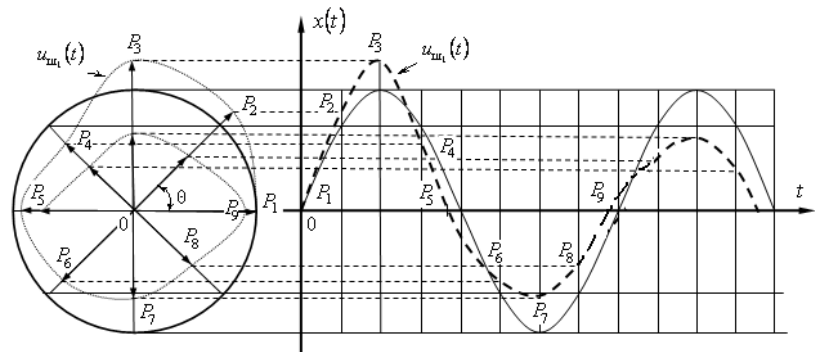


Рис. 1 - Процесс формирования хаотического сигнала  $x_{\text{xc}}(t)$  на основе синусоидального колебания

$$R(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} z_n \times z_{n+m}, \quad (4)$$

где  $m$  – временной сдвиг при единичном временном интервале;  $\overline{z_n}$  – реализации сигналов  $u_{\text{шс}}(t)$  и  $x_{\text{xc}}(t)$ . С учетом (4) определяется нормированная АКФ сигнала

$$r(m) = \frac{R(m)}{R(0)}. \quad (5)$$

Для сформированных методом имитационного моделирования реализаций сигналов с базами  $B=100$  и  $1000$  получены графики АКФ (рис. 2-4) и определены максимальное значение боковых лепестков  $Z$  для этой функции. Для сравнения на рис. 5 приведен график нормированной АКФ для шумового сигнала  $x_{\text{xc}}(t)$ , сгенерированного датчиком хаотического процесса (3).

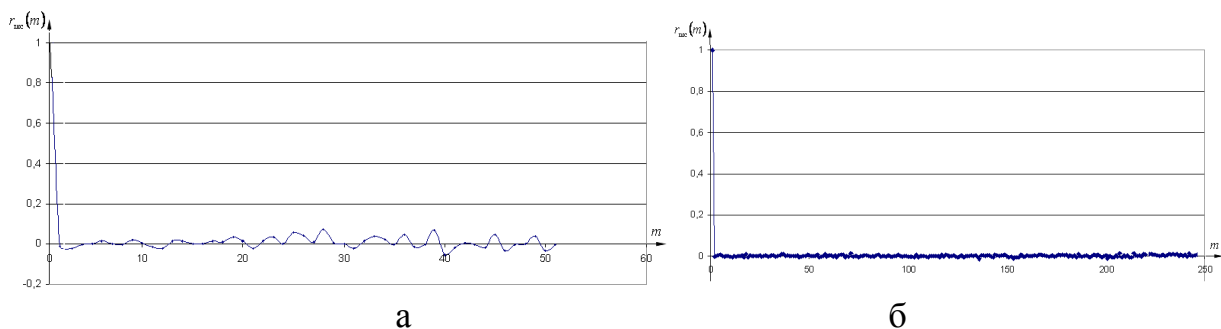


Рис. 2 - Нормированная АКФ шумового сигнала на основе изменения амплитуды  $U_{\text{ш}}(t)$  по равномерному закону распределения для значений: а -  $B=100$  ( $Z=0,0737$ ); б -  $B=1000$  ( $Z=0,0369$ )

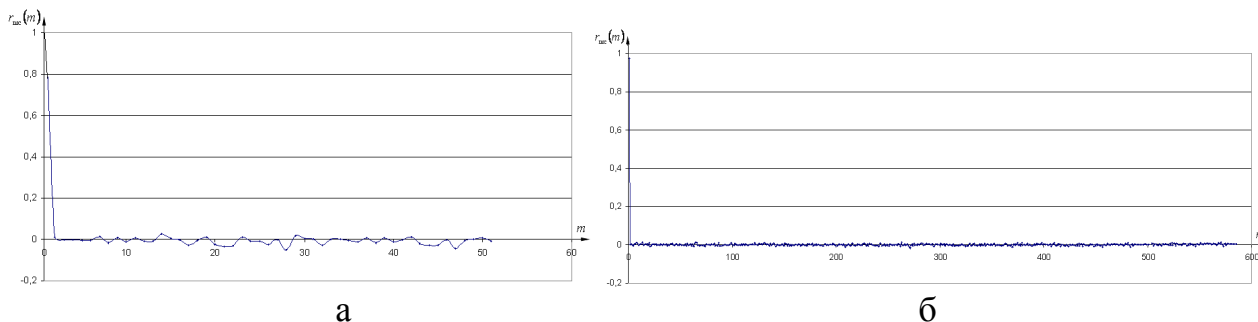


Рис. 3 - Нормированная АКФ шумового сигнала на основе изменения амплитуды  $U_{ш}(t)$  по нормальному закону распределения для значений: а-  $B=100$  ( $Z=0,0264$ ); б -  $B=1000$  ( $Z=0,0147$ )

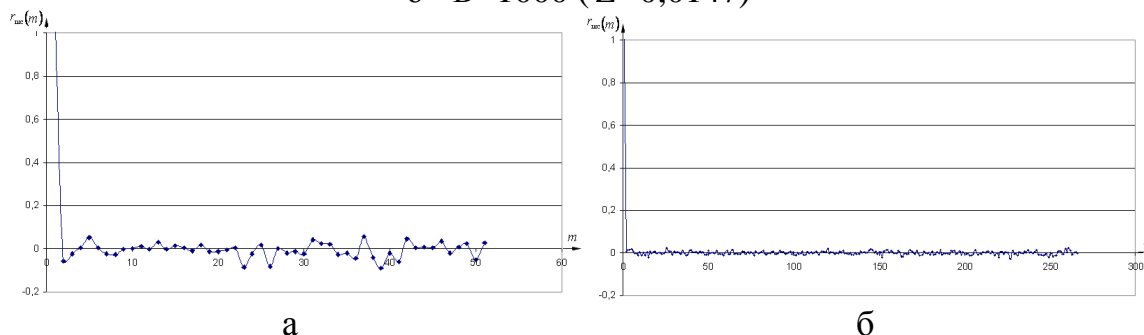


Рис. 4 - Нормированная АКФ шумового сигнала на основе изменения амплитуды  $U_{ш}(t)$  по экспоненциальному закону распределения для значений: а -  $B=100$  ( $Z=0,0541$ ); б -  $B=1000$  ( $Z=0,0369$ )

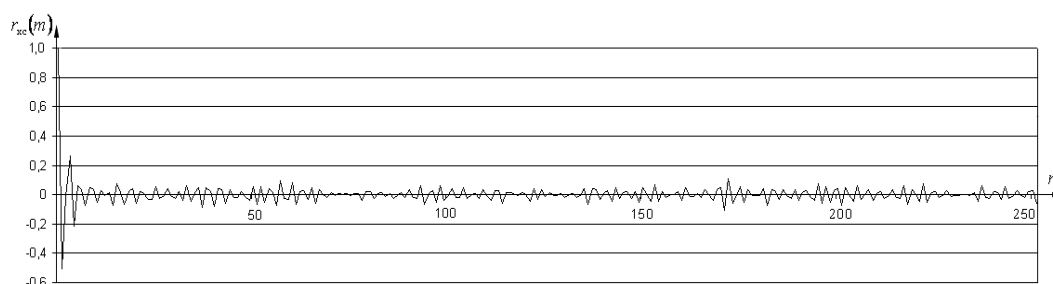


Рис. 5 - Нормированная АКФ хаотического сигнала  $r_{хс}(m)$  для  $B=1000$  ( $Z=-0,48$ )  
 АКФ всех сформированных сигналов является непериодической и стремится к нулю за достаточно малый промежуток времени

Минимальные значения по выбросам боковых лепестков получены для метода имитационного моделирования с нормальным законом изменения амплитуды  $U_{ш}(t)$  выражения (3). Анализ АКФ и спектров практически всех исследуемых реализаций сигналов показал их принадлежность к шумового сигналау гауссова типа.

**Вывод.** В статье рассмотрен метод имитационного моделирования шумовых сигналов для задачи применения их в современных конфиденциальных системах связи. Проведенный сравнительный анализ реализаций шумовых сигналов на основе различных законов распределения и гармонического колебания. Показана перспектива по формированию сигнальных конструкций с заданными спектральными характеристиками.

**Список литературы:** 1. Шаньгин А. И. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей / А. И. Шаньгин. – М.: ИД «Форум»: ИФРА-М, 2008. – 416 с. 2. Залогин, Н. Н. Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах / Н. Н. Залогин, В. В. Кислов. – М.: Радиотехника, 2006. – 208 с. 3. Инатов, В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения / В. П. Инатов. – М.: Техносфера, 2007. – 487 с. 4. Свистов, В.М. Радиолокационные сигналы и их обработка / В.М. Свистов. М.: Сов. Радио, 1977. – 448 с. 5. Захарченко, Н. В. Многопользовательский доступ в системах передачи с хаотическими сигналами / Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/9(53). – С. 26–29. 6. Захарченко, Н. В. Метод синтеза шумового сигнала гауссова типа на основе систем с динамическим хаосом/ Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/10(56). – С. 25–27.

*Поступила в редколлегию 02.06.2013*

УДК 621.391

**Метод моделирования шумовых сигналов для систем передачи конфиденциальной информации/ Корчинський В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.99 - 104. – Бібліогр.: 6 назв.**

Розглядаються методи імітаційного моделювання шумових сигналів для задачі застосування їх у сучасних конфіденційних системах зв'язку. Наведено порівняльний аналіз реалізацій шумових сигналів, що сформовані на основі різних законів розподілу.

**Ключові слова:** шумовий, хаотичний, сигнал, спектр, конфіденційний.

The methods of simulation modeling of noise signals for the problem of their application in modern confidential communications systems. A comparative analysis of the implementation of noise signals generated on the basis of the various laws of distribution..

**Keywords:** noisy, chaotic, the signal, spectrum, confidential.

УДК 519.8

*М. С. САЗОНОВА*, канд. фіз.-мат. наук, доц., НМетАУ, Дніпропетровськ

## **РОЗВ'ЯЗАННЯ ДЕЯКИХ НЕСКІНЧЕННОВИМІРНИХ НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ РОЗБИТТЯ МНОЖИНИ СПОЖИВАЧІВ НА СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ**

Розглядаються нескінченновимірні задачі розбиття множини споживачів деякої однорідної продукції, розподілених в цій області із заданою щільністю, на сфері обслуговування підприємствами, що виготовляють однорідну продукцію, із метою мінімізації нелінійного функціоналу сумарних витрат на виробництво та доставку продукції споживачу. Пропонується їх розв'язання методами, розробленими автором для нескінченновимірних нелінійних задач розташування підприємств.

**Ключові слова:** нескінченновимірні задачі; розбиття на сфері обслуговування; розташування підприємств; оптимальне розбиття множин.

**Вступ.** Нескінченновимірні задачі розбиття множини споживачів, розподілених в цій області із заданою щільністю, на сфері обслуговування підприємствами є типовими представниками широкого класу прикладних задач оптимізації з різних сфер людської діяльності (економічної, виробничої, соціальної, медичної та інших). У якості споживачів тут можуть виступати телефонні, радіо-, телеабоненти, школярі, виборці, точки зрошуваної території та інші.

Теоретичні та практичні лінійні задачі з названого класу можуть бути зведені у математичній постановці до неперервних лінійних задач оптимального розбиття множин (ОРМ) [1].