

вимірювального обладнання, а також запровадити засади планування термінів проведення таких калібрувань.

Література

1. Каталог продукции – Тензодатчики – S-образный тип. Режим доступа – <http://zemic.com.ua/catalog/ru/2/19/75/p/1>
2. Модули ввода сигналов тензодатчиков MB110-224.1ТД и MB110-224.4ТД / Официальный сайт "ОВЕН". – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/re_mv110-224.td_1257.pdf
3. Горященко К.Л. Використання самопрограмованих систем у конструюванні радіоелектронних засобів / К.Л. Горященко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – №1. – С. 194-196.
4. Нездоровін В.П. Реалізація протоколу MODBUS в середовищі CODESYS 2.3 / В.П. Нездоровін, К.Л. Горященко, Є.Г. Махрова // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – 2012. – №5. – С. 208-212.
5. Горященко К.Л. Розробка автоматизованих систем керування в середовищі CODESYS / К.Л. Горященко, Є.Г. Махрова // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – 2012. – №3. – С. 171-174.
6. Горященко С.Л. Методи діагностування машин легкої промисловості / С.Л. Горященко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010.- №1. – С.56-60.
7. Мокрота Ю.Б. Програмні та апаратні засоби для вібродіагностики електроприводів побутової техніки. / Мокрота Ю.Б. Горященко С.Л. // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – 2011. – №2. – С.72-75

References

1. Katalog produkci – Tenzodatchiki – S-obraznyj tip. <http://zemic.com.ua/catalog/ru/2/19/75/p/1>
2. Moduli vvoda signalov tenzodatchikov MV110-224.1TD i MV110-224.4TD. http://www.owen.ru/uploads/re_mv110-224.td_1257.pdf
3. Horiashchenko K.L. Vykorystannia samoprogramovanykh system u konstruiuvanni radioelektronnykh zasobiv. *Khmelnyskiy. Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2008. Issue 1. P. 194-196.
4. Nezdorovin V.P., Horiashchenko K.L., Makhrova Ye.H. Realizatsiia protokolu MODBUS v seredovyshchi CODESYS 2.3. *Khmelnyskiy. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences*. 2012. Issue 5. P. 208-212.
5. Horiashchenko K.L., Makhrova Ye.H. Rozrobka avtomatyzovanykh system keruvannia v seredovyshchi CODESYS. *Khmelnyskiy. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences*. 2012. Issue 3. P. 171-174.
6. Horiashchenko S.L. metodi diagnostuvannya mashin legkoї promislivosti. *Visnik kiivskogo nacionalnoho universitetu tehnologij ta dizajnu*. 2010. Issue 1. P.56-60.
7. Mokrota Yu.B. Horiashchenko S.L.. Programni ta aparatni zasobi dlya vibrodiagnostiki elektroprivodiv pobutovoї techniki. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences*. 2011. Issue 2. P.72-75

Рецензія/Peer review : 8.7.2013 р. Надрукована/Printed :22.9.2013 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Ройzman В.П.

УДК 623.519

О.Б. ГОЛЕВИЧ, О.С. ПИВОВАР
Хмельницький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ У БАГАТОКАНАЛЬНИХ НАДШИРОКОСМУГОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

Розглянута модель генератора хаосу та обґрунтована можливість реалізації хаотичних сигналів в якості підносійних для використання у надширокосмугових системах зв'язку. Дані рекомендації щодо вибору тривалості хаотичних сигналів з огляду незмінності ширини спектру сигналу.

Ключові слова: хаос, надширокосмуговість, UWB, генератор хаосу, хаос-піднесуча.

O.B. HOLEVYCH, O.S. PIVOVAR
Khmelnitsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

USING CHAOTIC SIGNALS IN MULTICHANNEL UWB SYSTEMS

Abstract - The model of chaotic generator is represented. The opportunity of realization the chaotic signals as subcarriers for usage in ultra-wideband communication systems is shown. Guidelines for choosing the length of chaotic signals due to constant width of the signal spectrum are given.

Keywords: chaos, UWB, chaos generator, chaotic subcarriers.

Вступ

Сучасний вектор розвитку новітніх технологій зв'язку зумовлює появу все більш зручних рішень для кінцевого користувача, а саме: он-лайн перегляд HD відео додатків, обмін повідомленнями та відео-

повідомленнями в реальному масштабі часу. Користування даними послугами можливе тільки при наявності широкопasmового доступу до мережі Інтернет. На сьогоднішній день кабельні лінії зв'язку можуть в повному обсязі задовольнити вимоги щодо швидкодії каналу зв'язку, особливо за допомогою використання оптоволоконних ліній для з'єднання із кінцевим користувачем. Однак існує тенденція на все більший попит доступу до мультимедійних додатків в реальному масштабі часу з рухомих мобільних пристроїв, а отже збільшення пропускної здатності безпроводного каналу зв'язку.

З метою збільшення пропускної спроможності радіо каналу зв'язку були розроблені надбудови для поколінь 2G – GPRS (General Packet Radio Service), а з появою 3G – HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access). Однак, вже сьогодні ведуться активні дослідження в області радіозв'язку для впровадження четвертого покоління мобільного зв'язку - 4G. Дане покоління вміщує низку технологій швидкісного зв'язку: LTE (Long Term Evolution), WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), UWB (Ultra-Wide Band). Широкопasmові технології LTE та WiMAX сертифіковані і введені в експлуатацію на територіях окремих держав, у тому числі і в Україні [1], однак, обов'язкова сертифікація і проблема співіснування із діючими системами радіозв'язку не дає змоги широкомасштабно розгортати ці проекти. Натомість, надширокопasmова технологія передачі даних - UWB не потребує сертифікації, та в рамках локальної області може в повному обсязі забезпечити вимоги щодо пропускної спроможності каналу радіозв'язку через використання надширокопasmових шумоподібних сигналів і зануренні під рівень шуму, що дозволяє співіснувати з іншими технологіями мобільного зв'язку.

Метою статті є обґрунтування використання хаотичних коливань в якості піднесучих у надширокопasmових системах зв'язку. Подання рекомендацій щодо протяжності сигналів генератора хаосу для досягнення незмінної ширини спектру хаотичного сигналу.

Математична та функціональна модель генератора хаосу

Надширокопasmовими прямохаотичними системами зв'язку [2] називають системи з смугою частот більше 0,5 ГГц або з відносною смугою частот :

$$DF = \frac{F_U - F_L}{2(F_U + F_L)} > 0,2, \quad (1)$$

де F_U і F_L - верхня і нижня частоти в спектрі сигналу відповідно.

Використання надширокопasmових сигналів UWB технологією зв'язку означає більшу інформаційну ємність каналу у порівнянні із широкопasmовими та вузькопasmовими технологіями відповідно (1). Однак, використання таких сигналів накладає жорсткіші вимоги щодо рівномірності спектру вздовж усієї смуги частот, підвищеної стабільності частоти опорного генератора внаслідок роботи в області надвисоких частот.

Одним із шляхів забезпечення даних вимог є використання хаотичних сигналів, які по своїй природі є широкопasmовими [2]. Особливістю хаотичних сигналів є їх детермінованість, оскільки вони реалізуються з використанням розробленого математичного алгоритму, фізичною інтерпретацією якого є генератор хаосу.

Розглянемо математичку та функціональну модель генератора хаосу.

Найбільш простою для поточних обчислень та аналізу є математична модель хаос генератора [2], що може бути описана формулою:

$$X_{i+1} = rX_i(1 - X_i) \quad (2)$$

де X_i – значення сигналу на виході генератора хаосу;

r – керуючий параметр, фізичний зміст якого визначається конкретною побудовою схеми генератора та схемою встановлення його режимів збудження, наприклад, це може бути узагальнений режим роботи за постійним струмом транзисторного генератора Колпітца;

Відповідно математичній моделі (2), на рис. 1 представлена функціональна модель хаос генератора:

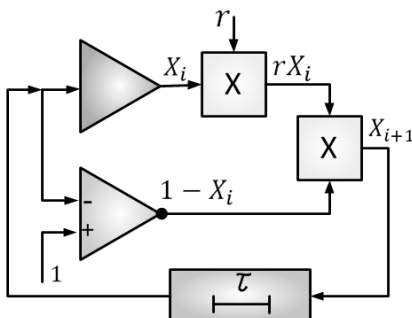


Рис. 1. Функціональна модель напівпровідникового генератора хаотичного сигналу

реалізуються в інтегральному виконанні аналогових схем. Крім того передбачається що блок множення має динамічний діапазон що набагато перевищує динамічний діапазон лінійних підсилювачів, в цьому випадку усі енергетичні обмеження генератора в цілому визначається динамічним діапазоном лінійного підсилювача

Усі радіотехнічні кола можливо описати як сукупність лінійних та нелінійних блоків. В якості лінійних блоків структурна схема генератора динамічного хаосу (рис. 1) використовує лінійні підсилювачі та лінії затримки. При цьому вважається, що підсилювачі мають певний динамічний діапазон та є повністю не інерційними елементами. І лінія затримки в цій моделі забезпечує адекватність причинно-наслідкових зв'язків та характеризується рівномірною в усьому діапазоні радіочастот амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) та безмежно лінійною фазочастотною характеристикою.

Нелінійна частина структурної моделі представлена у вигляді схем перемноження. Принципова та практична реалізація схем множення надзвичайно різноманітна [3]. І ефективно

що є найбільш характерним для радіотехнічних пристроїв надширокопasmового характеру.

Оптимізація тривалості хаос-підносійних

Хаотичні сигнали володіють «хорошими» кореляційними і взаємкореляційними властивостями, що дозволяє прийняти та, з великою вірогідністю, вірно декодувати повідомлення із сигналу та реалізувати велику кількість каналних підносійних[4].

Для забезпечення умов широкопasmовості хаотичні підносійні мають мати певні характеристики. Провести оцінку таких характеристик можливо використовуючи форму автокореляційної функції, зважаючи на той факт, що інтервал кореляції у високій ступені наближення є оберненою величиною до ширини енергетичного спектру. Ширина енергетичного спектру, у свою чергу, приблизно відповідає ширині спектру сигналу.

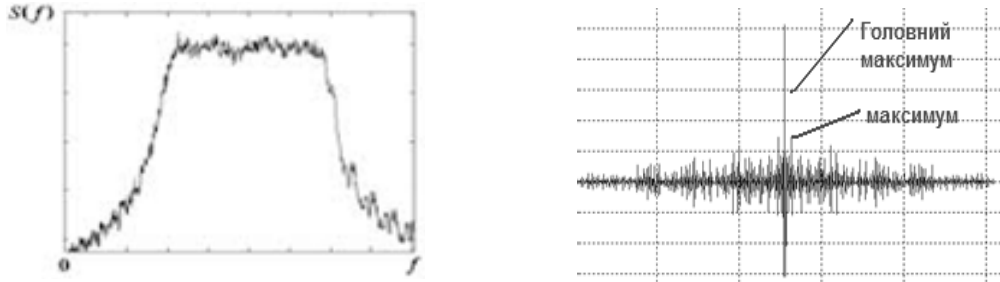


Рис. 2. Обвідна спектру (ліворуч) та автокореляційна функція хаотичного сигналу (праворуч).

Таким чином, оцінку широкопasmовості можливо провести через оцінку характеру автокореляційних функцій. Крім ширини спектру для автокореляційної функції також важливо знати перевищення головного максимуму над бічними. Чим більше таке перевищення тим ближче автокореляційна функція наближається до ідеальної з точки зору виділення сигналів із суміші подібних сигналів хаосу. Таким чином під час аналізу це і буде виступати як критерій (рис. 2) оцінки результату.

Виходячи із загальних теоретичних положень слід сподіватись, що збільшення довжини хаотичного сигналу приведе до наближення його АКФ до ідеальної, як це відбувається із шумовим сигналом. Параметр «тривалість хаотичного сигналу» під час математичного моделювання хаос-генераторів, відповідає кількості ітерацій, в кожній із яких ми отримуємо миттєве значення сигналу. Таким чином, кількість ітерацій виступає у ролі часового інтервалу хаос-підносійної.

Перед тим як проводити математичне моделювання слід виділити хаотичні підносійні певної довжини. Хаотичні підносійні можуть бути екстраговані із неперервної послідовності хаос-сигналу генератора у будь-який момент часу. Спосіб виділення таких послідовностей може виступати як ключ захисту від несанкціонованого доступу. Якщо хаос-генератори синхронізовані на обох кінцях лінії передачі, то подібне виділення можна здійснити однаково, а значить і забезпечити вірне декодування. Кількість ключів може бути надзвичайно велика, а тому такий метод забезпечує високу криптографічну стійкість.

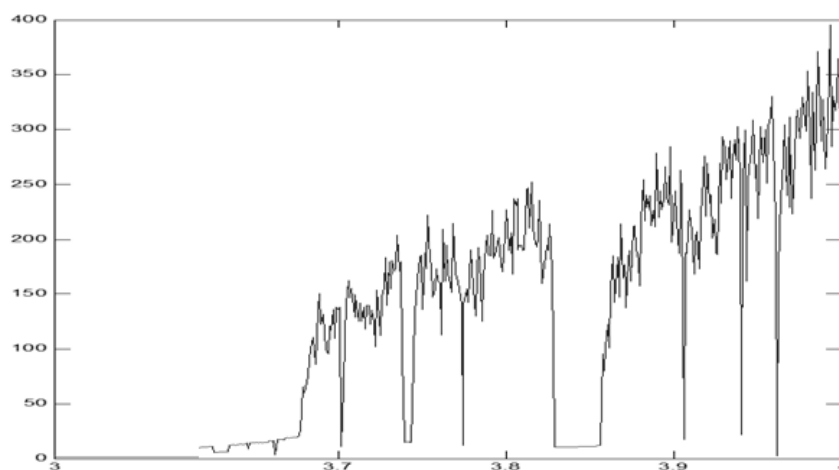


Рис.3. Зони генерації хаотичного сигналу для генератора хаосу із квадратичною ВАХ.

Методика пошуку оптимального значення кількості виборок хаотичного сигналу полягає у наступному:

- 1) хаос-генератор, за допомогою вибору керуючого параметру налаштовується в режим генерації хаосу (рис. 3);
- 2) в довільному місці генерованої послідовності проводиться вибірка певної кількості значень;
- 3) розраховується АКФ для вибраної послідовності;

4) розраховується параметр, що визначається як перевищення значення головного максимуму над найбільшим бічним максимумом АКФ.

5) поступово збільшується розмір вибірки значень хаотичного сигналу та повторюються п.3,4 методики.

6) будується залежність фактору перевищення від кількості вибірок сигналу;

7) за графіком залежності визначається максимальне значення.

Результати моделювання виконано в середовищі MATHCAD (рис. 4), вони представляють залежності відношення головного максимуму АКФ до бічного для різних значень керуючого параметра (параметр графіка).

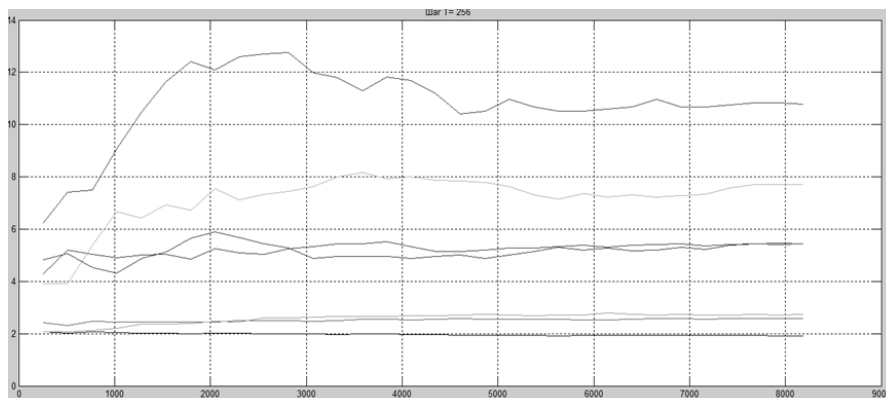


Рис.4. Залежність фактору перевищення головного максимуму над бічним від кількості вибірок хаос-сигналу для різних значень керуючого параметра хаос-генератора

Під час аналізу залежностей (рис. 4) очевидно, що після різкого зростання на інтервалу до 1000 вибірок, для усіх значень керуючого параметру настає насичення, що відповідає незмінності ширини спектру сигналу. Тому немає сенсу використовувати тривалості хаотичних сигналів, що еквівалентні більше як 1000 послідовним вибіркам моделі роботи хаос-генератора.

Висновки

1. Встановлено, що керуванням вхідного параметру генератора хаосу можливо створювати велику кількість надширокополосних каналів зв'язку, що є перспективним для застосування у багатоканальних системах передачі інформації.

2. Встановлено, що сигнал генератора хаосу, при окремому значенні вхідного параметру, може розглядатись як велика кількість хаос-підносійних, що володіють «хорошими» автокореляційними властивостями.

3. Встановлено, що тривалості хаотичних сигналів повинні знаходитись в межах 1000 еквівалентних послідовних вибірок моделі роботи хаос генератора, для досягнення незмінності ширини спектру хаотичного сигналу.

Література

1. Дьюдни А., Странная привлекательность хаоса / Дьюдни А. // Журн. В мире науки: — 1987, — №9. — С. 96–100.
2. С. Пахомов, Развитие стандарта Ultra Wideband [Электронный ресурс] // Журн. КомпьютерПресс — 05.2003. — Режим доступа: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=10728&iid=428#03/>
3. А. с. 1125735 СССР. Способ генерирования электромагнитных шумовых колебаний / Е.А. Мясин (СССР), — № 1125735 ; Оpubл. 23.11.84 ;
4. Кислов В. Я., Колесов В. В., Беляев Р. В. Применение хаотических сигналов в информационных технологиях / В. Я. Кислов // Журн. Радиотехника и электроника — 2009, — №1-2. — С. 23-32.

References

1. D'yudni A., Strannaya privlekatel'nost' khaosa, V mire nauki, 1987, No. 9, pp. 96–100.
2. S. Pakhomov, «Razvitiye standart Ultra-Wideband», Komp'yuterPress, 05.2003, <http://www.compress.ru/article.aspx?id=10728&iid=428#03/>
3. Pat 1125735 SSSR, Sposob generirovaniya elektromagnitnykh shumovykh kolebaniy / A. Myasin, Opubl. 23.11.84 ;
4. Kislov V. YA., Kolesov V. V., Belyayev R. V. Primeneniye khaoticheskikh signalov v informatsionnykh tekhnologiyakh, Radiotekhnika i elektronika, 2009, No. 1-2. — pp. 23-32.

Рецензія/Peer review : 30.9.2013 р.

Надрукована/Printed : 17.10.2013 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Троцишин І.В.