

Завдяки затуханню, відношення E_b/N_0 змінюється. Кожен раз коли E_b/N_0 збільшується за порогове значення (осцилограма 3 на рис. 2 а), базова станція збільшує енергетичний службовий біт до 1 (осцилограма 2 на рис. 2 б) і мобільна станція зменшує передачу енергії, а коли E_b/N_0 зменшується – навпаки. Ці енергетичні коректування гарантують, що мобільна станція підтримує прийнятний FER, при цьому мінімізує передачу енергії.

Висновки:

1. Головна задача контуру регулювання потужності – корекція очікуваних значень відкритого циклу.
2. Важливою перевагою швидкісного і високоточного регулювання потужності по зворотному зв'язку є значне зниження середньої потужності передачі в зворотному каналі.
3. При виявленні збільшення кількості помилок в кадрах системою енергетичного контролю відправляється запит на збільшення потужності базової станції. Зміни вносяться періодично залежно від рівня помилок в кадрі.
4. Результати симуляції алгоритму тестування енергетичного контролю дозволяють ефективно досліджувати та проводити енергетичні коректування з метою забезпечення оптимального рівня FER, та мінімізувати передачу енергії.

Література

1. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Варакин Л. Е. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
2. Гепко И. А. Эволюция технологии CDMA: взгляд в третье тысячелетие / Гепко И. А. – К.: Зв'язок, 2000. – 150 с.
3. Невдяев Л. CDMA: канальная структура / Л. Невдяев // Сети. – 2000. – № 2. – 130 с.
4. Бойко Ю. М. Концептуальні особливості реалізації безпроводних сенсорних мереж / Ю. М. Бойко, В. В. Мишан // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2010. – № 2 – С. 94-98.

Надійшла 6.11.2010 р.

УДК 681.325.36

І.М. ЛАЗАРОВИЧ, О.П. ПАШКЕВИЧ
ПВНЗ "Галицька Академія", м. Івано-Франківськ

МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОГО ПРИЙМАЧА СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РАНДОМІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ БАГАТОРІВНЕВИХ М-ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

У роботі розглянуто метод рандомізації гармонійних сигналів з використанням приведення початкового сигналу до форми дворівневих і багаторівневих послідовностей максимальної довжини. Це дає можливість використовувати переваги кореляційного методу прийому псевдовипадкових сигналів при використанні гармонійних сигналів і фазової модуляції. Моделювання, що проведене при дослідженні запропонованого методу, показало його ефективність.

In work the randomization method of harmonic signals with the use of adduction of initial signal to the form of two-tier and multilevel sequences of maximal length is considered. It enables to take advantages of correlation method of acceptance pseudocausal signals at the use of harmonic signals and phase modulation. The modelling, that it is conducted at research of the offered method, showed his efficiency.

Ключові слова: рандомізація, М-послідовність, фазова модуляція, кореляція.

Вступ. В сучасному виокотехнологічному суспільстві в галузі застосування інформаційних систем дедалі частіше доводиться розв'язувати задачі підвищення ефективності збору, перетворення, обробки, зберігання і передавання даних. Комплексне використання фундаментальних теоретичних основ цифрової обробки інформації та новітніх досягнень теорії у цих галузях на базі сучасних програмних і апаратних комп'ютерних засобів дозволяє поставити нові задачі в даній галузі і ефективно їх розв'язувати.

Одним із перспективних напрямків розвитку теорії обробки сигналів стосовно застосування в комп'ютерних системах керування є освоєння нелінійних теоретико-числових перетворень в базисах Крестенсона, Галуа, Крестенсона-Галуа.

Оцінка сучасних методів та засобів цифрової обробки даних (ЦОД) показує, що лінійні методи, які часто застосовуються для ЦОД, досягли значного насичення в своєму розвитку, а нелінійні методи є малодослідженими. Водночас є позитивний досвід використання нелінійних методів, зокрема рандомізації [1]. Одним із перспективних напрямків використання цієї процедури є метод підвищення завадостійкості приймання фазо-модульованих гармонічних сигналів в каналі з шумом. В роботі [2] показано ефективність вищезгаданого методу при використанні рандомізації для перетворення гармонічного сигналу в

псевдовипадковий, зокрема з використанням послідовностей максимальної довжини [3] (М-послідовностей) з основою 2. Проте аналіз властивостей М-послідовностей з основою більше 2, що проведений в роботі [4], показує перспективу їх використання в поєднанні з рандомізацією. В цій роботі запропоновано теорію завадостійкого приймання фазо-модульованих сигналів з використанням рандомізації та М-послідовностей з основою 3 і 5, а також проведено моделювання наведеного алгоритму.

Постановка завдання

1. Визначення процедури рандомізації.
2. Розробка структурної схеми передавання даних з використанням рандомізації для перетворення гармонічного фазо-модульованого сигналу в багаторівневий псевдовипадковий.
3. Розробка програмної моделі системи передавання на основі запропонованого методу та її дослідження.
4. Оцінка ефективності методу для різних режимів роботи, порівняння ефективності використання дворівневих і багаторівневих М-сигналів.

Методи рандомізації. Одним із вагомих недоліків застосування псевдовипадкових сигналів для передавання даних є необхідність ширококутового каналу зв'язку. Використавши метод рандомізації, можна передавати фазо-модульовані гармонічні сигнали (що не потребує ширококутового каналу), а в приймачі застосовувати процедуру рандомізації для перетворення отриманого зашумленого сигналу до форми М-послідовності з основою $p > 2$.

Рандомізація (англ. random – випадковий, нерегулярний, безпорядковий) – це нелінійна процедура навмисного внесення “випадковості” або шумоподібності в обробку вибіркового даних для перетворення деяких систематичних помилок у випадкові. Рандомізація полягає в перемішуванні інформаційної вибірки відповідно до певного закону.

Оператором рандомізації \mathcal{Ran} послідовності $X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ будемо називати дію, яка полягає в переміщенні i -го елемента на місце j -го елемента послідовності X , а відповідність між i та j будемо називати законом рандомізації:

$$X = \{x_i\} \dots \mathcal{Ran}(X) = \mathcal{Ran}(\{x_i\}) = X^{\mathcal{Ran}}, \quad (1)$$

$$X^{\mathcal{Ran}} = \{x_j\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = k_i, \quad (2)$$

де $K = \{k_i\}$ – масив-ключ (закон) процедури рандомізації \mathcal{Ran} .

Рандомізація виконується над кожним елементом послідовності X . Для того, щоб показати, що i -й елемент послідовності X переміщено на місце $\mathcal{Ran}(x_i)$, використаємо наступну форму запису:

$$\mathcal{Ran}(X) = (\mathcal{Ran}(x_0), \mathcal{Ran}(x_1), \dots, \mathcal{Ran}(x_i), \dots, \mathcal{Ran}(x_n)). \quad (3)$$

В результаті рандомізації послідовності X утворюється послідовність $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n\}$, причому $x_i = y_j$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, .. У більшості випадків рандомізації $m = n$, тобто рандомізована послідовність має ту саму довжину, що і початкова. Проте, скажімо при зсуві фази сигналу на основі рандомізації відбувається розширення розміру рандомізованої послідовності, тобто $m = n + r$, де r – величина зсуву. Існує очевидна процедура \mathcal{Ran}^{-1} обернена до \mathcal{Ran} , тобто така, що дозволяє отримати початкову послідовність з рандомізованої, тобто:

$$\mathcal{Ran}^{-1}(Y) = X. \quad (4)$$

Таким чином маючи гармонічний дискретизований сигнал, скажімо один період синусоїди, застосувавши рандомізацію і перевпорядкувавши відліки сигналу за певним законом, можна отримати сигнал наближений до багаторівневої М-послідовності, наприклад при $p=3$, що наведено на рис. 1.

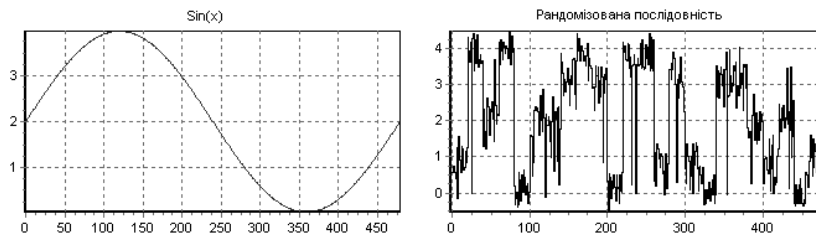


Рис.1. Перетворення гармонічного сигналу у псевдовипадковий

Якщо обчислити і побудувати автокореляційну функцію такого рандомізованого сигналу, то вона матиме подібну форму до автокореляційної функції чистого сигналу М-послідовності, що показано на рис.2.

Як видно з рис. 2, застосування рандомізації гармонічного сигналу дозволяє отримати переваги шумоподібного сигналу, оскільки автокореляційна функція М-сигналу і рандомізованого гармонічного сигналу відрізняються несуттєво. Окрім цього при використанні рандомізації сигналу, на який накладається

адитивна завада, виконується декореляція сигналу і завади, що дозволяє додатково збільшити потенційну завадостійкість методу.

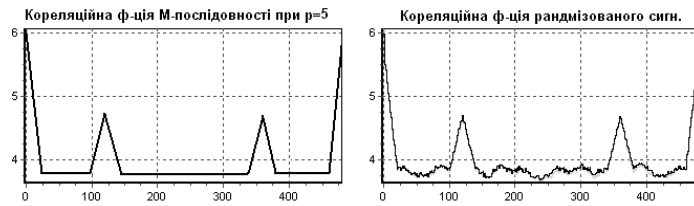


Рис.2. Автокореляційні функції М-послідовності та рандомізованого сигналу

На основі запропонованих теоретичних засад з метою подальшого дослідження та моделювання методу було розроблено структурну схему (рис. 3) системи передавання цифрових даних з використанням рандомізації для перетворення прийнятого сигналу до ШПС.

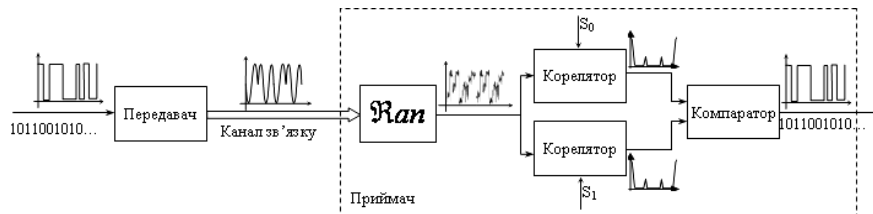


Рис.3. Структура системи передавання даних з використанням рандомізації

В наведеній на рис. 3 схемі на вхід передавача поступають цифрові інформаційні біти в базисі Радемахера. Передавач перетворює їх у фазомодульований гармонічний сигнал, який поступає в канал зв'язку, де на корисний сигнал накладається завада. Зачумлений фазомодульований сигнал із входу приймача подається на рандомізатор, який оцифровує сигнал, та виконує рандомізацію по заданому ключу. В результаті цього на виході рандомізатора отримуємо сигнал, що за формою наближається до шумоподібного, скажімо, до М-послідовності з основою $p=3$ та періодом $N=26$. Далі цей сигнал подається на два корелятори, кожен з яких порівнює вхідний сигнал з еталонним сигналом логічного "нуля" або "одиниці" відповідно. Результати кореляції порівнюються компаратором, який і робить висновок про приймання бітів інформації.

Моделювання цифрового приймача з рандомізацією

Для глибокого дослідження ефективності запропонованих теоретичних положень було сформовано основні вимоги до програмної моделі методу. Така система повинна забезпечувати:

- можливість генерації дво- та багаторівневих рівневих М-послідовностей;
- можливість генерування гармонійних сигналів різної фази для представлення сигналів типу логічна "1" та логічний "0" в цифровому передавачі;
- можливість рандомізації генерованих гармонійних сигналів до форми М-послідовностей;
- можливість формування оптимальних ключів рандомізації, які визначаються мінімальним середньоквадратичним відхиленням між значеннями рандомізованого сигналу та М-послідовності;
- можливість накладання на корисний сигнал випадкового гаусівського шуму змінної амплітуди;
- можливість побудови взаємкореляційних функцій: кореляції, структурної, модульної та еквівалентності;
- можливість моделювання цифрового приймача шляхом вибору ключа рандомізації, задання цифрової послідовності для передавання, вибору і обчислення кореляційної функції для розпізнавання прийнятого сигналу, вибору апертури кореляції для розпізнавання прийнятих даних, рандомізації отриманого сигналу, циклічного повторення вищенаведених процедур, визначення ймовірності правильного розпізнавання сигналу при впливі випадкових шумів заданої амплітуди,
- можливість графічного відображення результатів моделювання, та їх збереження.

На основі вищенаведених вимог, авторами роботи було розроблено програму "Дослідження рандомізації", робоче вікно якої наведено на рис. 4.

В розробленій програмі кінцевим результатом моделювання є оцінка ймовірності правильного приймання переданих даних при впливі гаусівського білого шуму, амплітуду якого можна міняти. Ймовірність правильного приймання визначається відношенням кількості правильно прийнятих даних, до загальної кількості переданих даних. Програма дозволяє перевірити ефективність методу при зміні фаз гармонічного сигналу, що характерно для фазової модуляції. В якості псевдовипадкових сигналів використовуються М-послідовності з основою $p=2, 3$ та 5 . Також доцільно дослідити оптимальність використання однієї із функцій кореляції [5]: взаємкореляційної, взаємструктурної, взаємомодульної та взаємеквівалентності відповідно:

$$R_{xy}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \cdot y_{i+j}, \quad C_{xy}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - y_{i+j})^2, \quad (5)$$

$$G_{xy}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |x_i - y_{i+j}|, \quad F_{xy}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Z_{ij}, \quad \text{де } Z_{ij} = \begin{cases} x_i, & x_i < y_j \\ y_j, & x_i \geq y_j \end{cases} \quad (6)$$

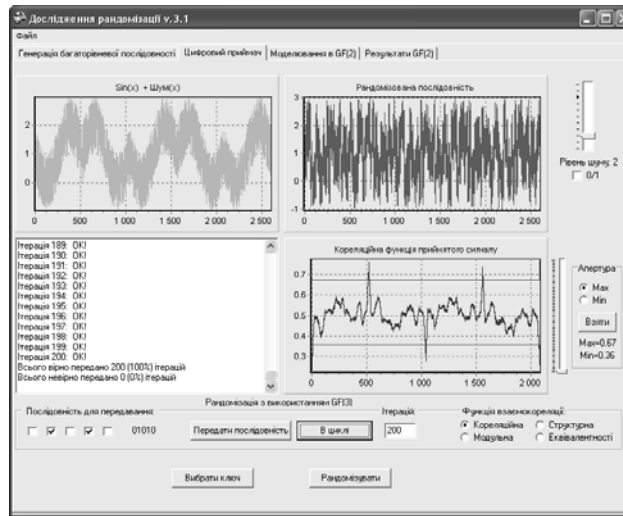


Рис.4. Робоче вікно програми дослідження цифрового приймача

Таким чином, провівши дослідження ймовірності правильного приймання переданої послідовності з використанням вищенаведених можливостей, і взявши найнищу оцінку завадостійкості, можна оцінити потенційну завадостійкість запропонованого методу приймання за найгірших умов. Внаслідок проведених експериментів було побудовано сімейство графіків, які відображають ймовірність (P) правильного приймання цифрової послідовності залежно від інтенсивності шуму (вісь X) та від виду функції кореляції, яка застосовується при розпізнаванні сигналів. На рис. 5,а наведено залежність ймовірностей передавання послідовності 01010 при застосуванні М-послідовності основою $p=3$, а на рисунку 5,б – з основою $p=5$.

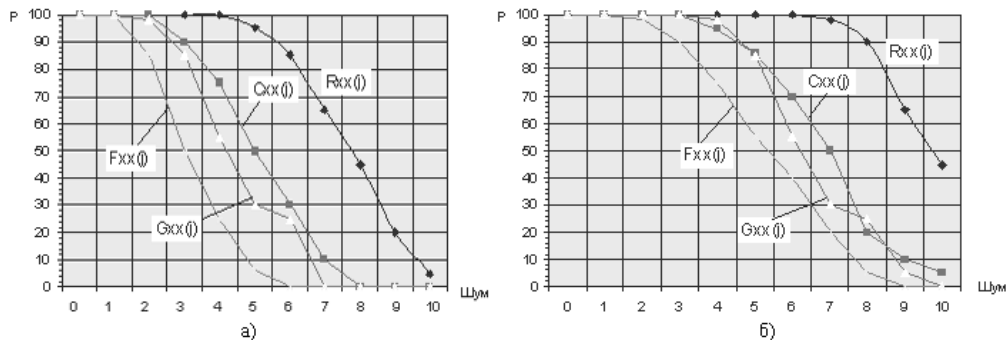


Рис. 5 Залежність ймовірності передавання послідовності 01010

Вищенаведені графіки доводять працездатність запропонованого методу приймання, а їх аналіз та аналіз роботи розробленої програми дозволяє зробити наступні висновки:

- незалежно від типу М-послідовності для завадостійкого приймання з використанням процедури рандомізації на вході оптимального приймача найбільш ефективною є взаємкореляційна функція прийнятого і еталонного сигналу;
- найгірша завадостійкість спостерігається при передаванні послідовності з однією зміною фази, а отже саме ці графіки можуть бути верхньою оцінкою завадостійкості запропонованого методу приймання. Таким чином, при використанні трохрівневої послідовності з довжиною періоду 26 із ймовірністю 100% можна приймати сигнали за накладання випадкового гаусівського шуму при відношенні $P_c/P_{ш}$ не менше як 0,66, а при допустимій ймовірності приймання від 90 до 100% $P_c/P_{ш}$ може досягати 0,3–0,5 в залежності від зміни фаз у переданому сигналі;
- при використанні п'ятирівневої послідовності з довжиною періоду 24 із ймовірністю 100% можна приймати сигнали за накладання випадкового гаусівського шуму при відношенні $P_c/P_{ш}$ не менше як 0,58, а при допустимій ймовірності приймання від 90 до 100% $P_c/P_{ш}$ може досягати 0,25–0,5 залежно від зміни фаз у переданому сигналі;
- ефективність приймання з використанням п'ятирівневої М-послідовності на 5–10% вища ніж при використанні трьохрівневої послідовності із приблизно такою ж довжиною періоду;

- в порівнянні із застосуванням рандомізації в приймачі та дворівневих послідовностей, запропонований метод дозволяє приймати сигнали на 10–15% слабші при дії шуму однакової інтенсивності;
 - оскільки кореляційна функція багаторівневих сигналів має бічні пелюстки, амплітуда яких в 2–3 рази нижча від амплітуди центрального піка, то їх можна застосовувати для додаткової синхронізації при прийманні, а також як додатковий елемент при розпізнаванні прийнятого сигналу.

Висновки. В результаті проведених досліджень розроблено структурної схеми передавання даних з використанням рандомізації для перетворення гармонічного фазомодульованого сигналу в багаторівневий псевдовипадковий, доведено працездатність та ефективність методу передавання даних з використанням рандомізації та багаторівневих М-послідовностей. Запропонована структура цифрової системи передавання може бути основою для створення спецпроцесора на основі ПЛІС. Основними перевагами методу є висока завадостійкість, можливість використання вузькосмугових каналів зв'язку. Основним недоліком є залежність коректності роботи методу від вибору аперттури кореляційної функції при розпізнаванні сигналів. Метод може бути застосований при передаванні даних із цифрових сенсорів на низових рівнях комп'ютерних систем керування на виробництві, в цифрових системах зв'язку, на низових рівнях комп'ютерних систем та мереж.

Література

1. Методы передачи данных в цифровом телевидении. Часть 3. Концепция DVB-T [Електронний ресурс] / К. Галсман, М. Прокопцева // 625-net. – 1999. – № 9. – Режим доступу : <http://www.625-net.ru/archive/0999/glasman.htm>
2. Лазарович І. М. Дослідження застосування процедури рандомізації при передаванні сигналів в каналі з шумом / І. М. Лазарович, Я. М. Николайчук // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. пр. – Львів, 2000. – № 4. – 442 с.
3. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Варакин Л. Е. – М. : Радио и связь, 1985. – 384 с.
4. Галів В. М. Структурні властивості багаторівневих М-послідовностей / В. М. Галів, С. М. Щеряков, Т. П. Каюк // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи та засоби технічної діагностики. – Івано-Франківськ : ІФДТУНГ, 2004. – 248 с.
5. Николайчук Я. М. Низові обчислювальні мережі : [навч. посібник] / Николайчук Я. М. – К. : УМК ВО, 1990. – 55 с.

Надійшла 27.11.2010 р.

УДК 621.317.73

Д.А. МАКАРИШКІН, В.М. КУЛЬЧИЦЬКИЙ
 Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ НАДШИРОКОСМУГОВИХ МОБІЛЬНИХ РАДІОЛОКАТОРІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Наведені результати дослідження підвищення ефективності імпульсних передавальних пристроїв, які використовуються в надширокосмугових мобільних радіолокаторах.

The results of research of increase of efficiency of impulsive transmission devices which are utilized in nadshirokosmugovikh mobile radio-locators are resulted.

Ключові слова: підвищення ефективності, електроживлення.

Вступ

Надширокосмугові мобільні радіолокатори широко застосовуються у військовій та цивільній техніці зондування цілей та отримання більш повної інформації про їх характер, коли час спостереження за ціллю обмежений. Природно, що імпульсний передавальний пристрій надширокосмугових мобільних радіолокаторів визначає тактико-технічні характеристики радіолокатора, тому для підвищення інформаційних можливостей мобільних радіолокаторів необхідно розширити їх смугу частот, використовуючи надширокосмугові імпульсні сигнали [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В надширокосмугових мобільних радіолокаторах інформативні можливості підвищуються завдяки зменшенню імпульсного об'єму радіолокатора по дальності. Зменшення тривалості сигналу в НШС мобільному радіолокаторі дозволяє збільшити точність вимірювання відстані до цілі та підвищити розрізняльну здатність по дальності, розпізнати клас і тип цілі, підвищити ефективність захисту від видів пасивних завад та підвищити стійкість надширокосмугового мобільного радіолокатора до впливу зовнішніх електромагнітних випромінювань та завад. В НШС мобільних радіолокаторах в якості зондуючих імпульсів, які дозволяють реалізувати надшироку смугу, використовуються два види сигналів тривалістю від 1нс до