

УДК 621.391

Ю.Г. СТЕПАНЕНКО, В.П. ЛИСЕЧКО

Українська державна академія залізничного транспорту, Україна

МЕТОД БОРОТЬБИ ІЗ ВНУТРІШНЬОСИСТЕМНИМИ ЗАВАДАМИ В СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ З КОДОВИМ РОЗДІЛЕННЯМ КАНАЛІВ

У статті вирішується задача визначення періодів проходження коротких відеоімпульсів в послідовностях відеоімпульсів з покращеними взаємкореляційними властивостями. Використання запропонованого методу формування послідовностей дозволяє мінімізувати взаємодію між сигналами в часовій області, і, як наслідок, істотно зменшити рівень внутрішньосистемних завад.

Ключові слова: відеоімпульс, шпаруватість, період слідування імпульсів, функція взаємної кореляції, внутрішньосистемна завада.

Вступ

Характерною рисою одночасної роботи близькорозташованих радіозасобів в одному частотному діапазоні є виникнення внутрішньосистемних (взаємних) завад. Тому питання електромагнітної сумісності постає гостро, особливо на сучасному етапі розвитку систем радіозв'язку багатостанційного доступу. Існуючі методи боротьби із внутрішньосистемними завадами не забезпечують вимог за рівнем взаємних завад [1 – 5]. Таким чином, існує необхідність модернізації тих, що використовуються і розробки нових методів боротьби із внутрішньосистемними завадами, що виникають при значній одночасно працюючих радіо засобів з метою вирішення задачі електромагнітної сумісності.

Аналіз літератури, постановка задачі. У закордонній та вітчизняній літературі розглядаються наступні методи боротьби із внутрішньосистемними завадами: застосування частотного розділення сигналів, застосування часового розділення сигналів просторова селекція сигналів, при використанні антен з вузькими діаграмами спрямованості [3 – 5].

Але, при великому числі одночасно працюючих радіозасобів, застосування частотного й часового розділення сигналів обмежено частотно-часовим ресурсом, а застосування антен з вузькими діаграмами спрямованості приводить до ускладнення їхньої конструкції й не завжди прийнятно при побудові мереж радіозв'язку [4, 5].

Метою статті є розробка методу синтезу спеціальних послідовностей коротких відеоімпульсів, застосування яких для формування радіосигналів забезпечує зниження рівня внутрішньосистемних завад, що виникають при великій кількості одночасно працюючих радіостанцій в одному частотному діапазоні.

Основна частина

Пропонується метод формування послідовностей коротких відеоімпульсів з покращеними взаємними кореляційними властивостями.

Послідовність відеоімпульсів, згідно [5], подамо у вигляді

$$s_i(t) = \sum_{k=1}^{n_i} U_{ki} \operatorname{rect} [t - (k \cdot Q_i - 1) \cdot \tau_{ii}], \quad (1)$$

де $k = 1, \dots, n_i$, – кількість імпульсів в i -й послідовності, $i = 1, \dots, L$;

U_{ki} – k -й елемент i -ї кодової послідовності, що приймає значення $[-1, 1]$;

τ_{ii} – тривалість імпульсу;

$Q_i = T_i / \tau_{ii}$ – шпаруватість i -ї послідовності імпульсів;

T_i – період проходження імпульсів в i -й послідовності;

Функція $\operatorname{rect} [t - (k \cdot Q_i - 1) \cdot \tau_{ii}]$ у виразі (1), має вигляд [5]:

$$\operatorname{rect} [t - (k \cdot Q_i - 1) \cdot \tau_{ii}] = B, \quad (2)$$

де булева змінна B дорівнює 1, якщо виконана така умова:

$$(kQ_i - 1)\tau_{ii} \leq t \leq kQ_i\tau_{ii},$$

в іншому разі вона дорівнює 0.

Стикова функція взаємної кореляції (ФВК) послідовностей визначається виразом [3]

$$R_{ij}(\tau) = \int_{-T}^T s_i(t) s_j(t - \tau) dt, \quad (3)$$

де $s_i(t)$, $s_j(t)$ – i -та й j -та послідовності відеоімпульсів, $i \neq j$;

T – інтервал, на якому визначені функції $s_i(t)$ і $s_j(t)$.

Для виконання умови мінімальної подоби i -ї та

j -ї послідовностей ФВК не повинна перевищувати значення [3]

$$R_{ij}(\tau) \leq \frac{1}{n_i}, \quad (4)$$

де $n_i \leq n_j$ – кількість імпульсів у послідовностях.

В окремому випадку, для послідовностей із приблизно однаковою тривалістю, але з різною кількістю елементів ($n_i \neq n_j$), для визначення ФВК може бути використано вираз

$$R_{ij}(\tau) \leq \frac{1}{\sqrt{n_i n_j}}. \quad (5)$$

Для виконання умов (4), (5) пропонується використовувати послідовності відеоімпульсів, які задовольняють наступним вимогам:

- кількість коротких імпульсів (n_i, n_j) у послідовностях $s_i(t)$ є неоднаковим ($n_i < n_j$);
- тривалості імпульсів у кожній послідовності рівні ($\tau_i = \tau_j$);
- періоди проходження імпульсів (T_i, T_j) у кожній послідовності підібрані таким чином, що

$$n_i \cdot T_i \approx n_j \cdot T_j \approx T,$$

причому шпаруватості кожної послідовності

$$Q_i > Q_j \gg 1 \quad \text{при } n_i < n_j.$$

Тоді одночасно буде збігатися (енергетично взаємодіяти) не більше одного імпульсу кожної послідовності, тобто взаємна кореляція таких послідовностей, буде задовольняти умові (4), (5).

Зазначеним вимогам відповідає структурна схема алгоритму синтезу послідовностей з мінімальною енергетичною взаємодією, представлена на рис. 1.

Алгоритм синтезу ансамблів послідовностей коротких відеоімпульсів з малою енергетичною взаємодією включає виконання наступних операцій.

1. Визначаються вихідні дані:
 - τ_i – тривалість імпульсів послідовностей $s_i(t)$, $i=1, \dots, L$;
 - T – інтервал, на якому визначені функції $s_i(t)$;
 - $Q_{\min} = \frac{T}{\tau_i \cdot n_{\max}}$, де Q_{\min} – шпаруватість імпульсів у послідовності з максимальною кількістю елементів n_{\max} ;
 - n_i – кількість елементів у послідовності $i=1 \dots L, (n_i \neq n_j, i \neq j) \dots$

2. Розраховують період проходження імпульсів T_j в i -й послідовності

$$T_j = \frac{T_i n_i}{n_j} = \frac{n_i \tau_i Q_i}{T}. \quad (6)$$

де T_i округляється до найближчого значення, яке є кратним значенню τ_i .

3. Формують L послідовностей $s_i(t)$, де $i=1, \dots, L$.

4. Виконують розрахунок попарних ВКФ для всього ансамблю послідовностей.

5. Виконують перевірку ВКФ сформованих послідовностей ансамблю на виконання умови мінімальної подоби.

6. Якщо умова (4) не виконується, то найменший період проходження T_i для пари послідовностей, для яких не виконується умова (4), збільшується на величину тривалості імпульсу τ_i , після чого виконуються пункти 3-5 доти, поки не виконається умова (4).

7. При виконанні умови (4), отримані послідовності використовують для формування систем сигналів з малою енергетичною взаємодією.

Працездатність запропонованого методу перевіряється на прикладі, у якому використано чотири послідовності

$$s_1(t), s_2(t), s_3(t), s_4(t)$$

з кількістю елементів відповідно

$$n_1=19, n_2=20, n_3=21, n_4=23,$$

довжинами сигналів $T \approx 230$ мкс, довжинами імпульсів $\tau_i=10$ нс.

Періоди проходження імпульсів у кожній послідовності були обрані відповідно:

$$T_1=12.2 \text{ мкс}, T_2=11.5 \text{ мкс}, T_3=10.94 \text{ мкс} \quad \text{і } T_4=10 \text{ мкс}.$$

Енергії сигналів різняться внаслідок неоднакової кількості імпульсів у кожній послідовності. Тому енергії послідовностей для оцінки ФВК по виразу (3) необхідно нормувати

$$s_{i\text{норм}}(t) = \frac{s_i(t)}{\sqrt{E_i}}, \quad (8)$$

де $E_i = n_i \cdot U_i^2 \cdot \tau_i$ – енергія кожної послідовності,

n_i – кількість імпульсів в i -й послідовності,

τ_i – тривалість імпульсу.

Максимальні значення функцій взаємної кореляції послідовностей, розраховані по формулі (3), з урахуванням виразу (8) представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Максимальні значення ВКФ

| | $s_1(t)$ | $s_2(t)$ | $s_3(t)$ | $s_4(t)$ |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| $s_1(t)$ | 1 | 0,0513 | 0,0501 | 0,0488 |
| $s_2(t)$ | 0,0513 | 1 | 0,0478 | 0,0466 |
| $s_3(t)$ | 0,0501 | 0,0478 | 1 | 0,0455 |
| $s_4(t)$ | 0,0488 | 0,0466 | 0,0455 | 1 |

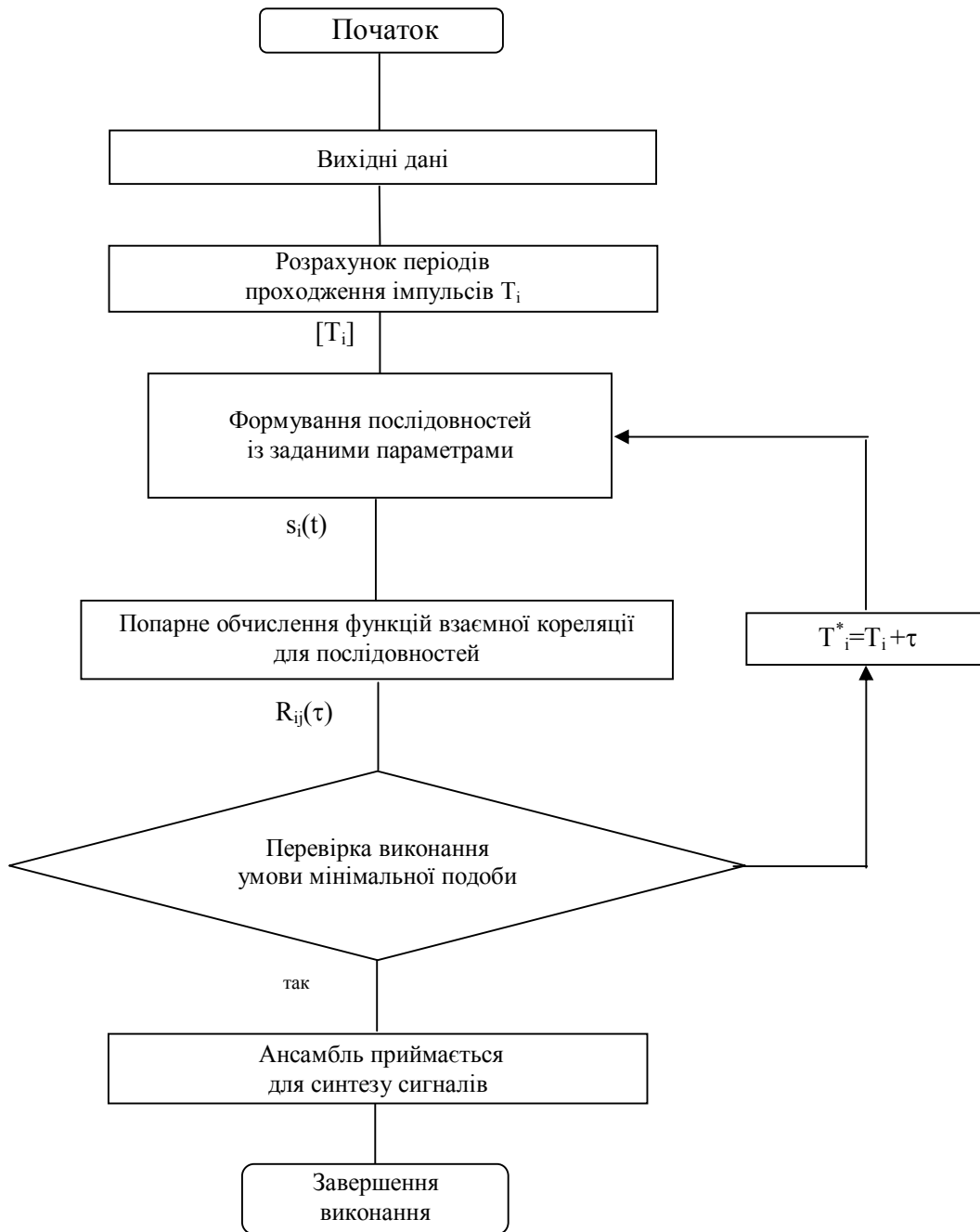


Рис. 1. Структурна схема алгоритму синтезу послідовностей з малою енергетичною взаємодією

Зіставлення результатів розрахунків максимумів ВКФ для отриманих послідовностей з малою енергетичною взаємодією зі значенням умови мінімальної подоби (5) для кожної пари послідовностей вказує на виконання цієї вимоги.

Висновок

Використання запропонованого методу формування послідовностей з малою енергетичною взаємодією дозволяє мінімізувати взаємодію між сигналами в часовій області, і, як наслідок, істотно зменшити рівень внутріш-

ньосистемних завад.

Також, є підстава вважати, що використання розбиття на однакові часові інтервали послідовностей з покращеними взаємкореляційними властивостями та їх синхронна перестановка за певних умов незначно погіршить взаємні кореляційні властивості сигналів, однак значно підвищить кількість ансамблів сигналів із задовільними взаємкореляційними властивостями, що забезпечить можливість їх використання в існуючих системах радіозв'язку.

Результати таких досліджень передбачається опублікувати в наступних статтях.

Література

1. Тузова Г.И. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами / Под ред. Г.И. Тузова. – М.: Радио и связь, 1985. – 284 с.
2. Оганов Т.А. Помехоустойчивость инвариантного приема импульсных сигналов / Т.А. Оганов – М.: Радио и связь, 1984. – 176 с.

3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.

4. Петров В.А. Внутрисистемные помехи в сотовой связи [Электронный ресурс] / В.А. Петров – 2002, – 10 с. – Режим доступ : www.drst.sut.rts.ru.

5. Бернад С. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / С. Бернад. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

Надійшла до редакції 29.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна.

МЕТОД БОРЬБЫ С ВНУТРИСИСТЕМНЫМИ ПОМЕХАМИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Ю.Г. Степаненко, В.П. Лысечко

В статье решается задача определения периодов прохождения коротких видеоимпульсов в последовательностях видеоимпульсов с улучшенными взаимокорреляционными свойствами. Использование предложенного метода формирования последовательностей позволяет минимизировать взаимодействие между сигналами во временной области, и, как следствие, существенным образом уменьшить уровень внутрисистемных помех.

Ключевые слова: видеоимпульс, скважность, период следования импульсов, функция взаимной корреляции, внутрисистемная помеха.

METHOD OF STRUGGLE AGAINST INTERSYSTEM HINDRANCES IN COMMUNICATION SYSTEMS WITH CODE DIVISION OF CHANNELS

Y.G. Stepanenko, V.P. Lysechko

In article the problem of definition periods of short video impulses passage in sequences of video impulses with improved cross correlation properties is solving. Use of the offered method of formation of sequences allows to minimise interaction between signals in time area, and, as consequence, essentially to reduce level of intersystem hindrances.

Keywords: a video impulse, porosity, the period of following of impulses, function of mutual correlation, an intersystem hindrance.

Степаненко Юлия Геннадьевна – аспирантка кафедры «Транспортная связь» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта, Харьков, Украина, e-mail: stepanenko7@live.ru.

Лысечко Владимир Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортная связь» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта, Харьков, Украина, e-mail: lysechkov@ukr.net.