

**МЕТОД КОДОВОГО РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ
НА ОСНОВІ ТАЙМЕРНИХ СИГНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

У статті запропоновано метод кодового розділення каналів на основі непозиційних таймерних сигнальних конструкцій і послідовностей Уолша для підвищення завадозахищеності системи зв'язку. Наведено алгоритм формування групового сигналу з урахуванням параметрів таймерних сигналів і бази послідовності розширення. За допомогою кореляційного прийому показана особливість виділення непозиційних сигнальних конструкцій з групового сигналу.

Ключові слова: завадозахищеність, кодове розділення каналів, таймерна сигнальна конструкція, груповий сигнал.

Y.S. GOROHOV, V.V. KORCHINSKY, E.M. RUDY
Odessa national academy of telecommunication by O. S. Popov

METHOD OF CHANNEL CODE DIVISION BASED ON TIMER SIGNAL DESIGNS

Proposed a method of channels code division based on the timer signal designs and Walsh sequences for the task of improving the noise immunity of transmitted information. Algorithm formation group signal within the parameters of timer signal designs and expansion of the base sequence was shown. The feature of selection no positional signal from group signal designs was shown by using the correlation receiving.

Keywords: immunity, channel code division, timer signal design, group signal.

Вступ

При проектуванні завадозахищеної системи зв'язку багатокористувачького доступу особливий інтерес набувають методи підвищення прихованості передавання [1], які реалізуються в основному за рахунок розширення спектра інформаційного сигналу. Перехід до сигналів з базою $B \gg 1$ дає більше можливостей щодо забезпечення необхідних показників завадозахищеності: прихованості (енергетичної, структурної, інформаційної) і завадостійкості. Як правило, формування широкопasmового сигналу здійснюється шляхом прямого розширення розрядів позиційного коду за допомогою псевдовипадкової послідовності або стрибкоподібної зміни робочої частоти [1].

Подальше підвищення прихованості передавання можливо за рахунок ускладнення структури інформаційного сигналу. Запропоновано використовувати таймерне кодування для перетворення двійкової послідовності в непозиційні таймерні сигнальні конструкції (ТСК) [2]. Результати досліджень структурної прихованості ТСК [3] показують їх ефективність для захисту даних, що передаються, від несанкціонованого доступу. Також ТСК мають властивості завадостійкого коду, але надлишковість у вигляді додаткових перевірючих символів в них не використовується [2]. Таким чином, дослідження завадозахищених методів передавання на основі ТСК є актуальною задачею.

Метою статті є розробка методу формування групового сигналу на основі ТСК з кодовим їх розділенням на приймальній стороні.

Алгоритм формування групового сигналу на основі таймерних сигнальних конструкцій

Застосування ТСК дозволяє збільшити обсяг переданої інформації [2] в порівнянні з позиційним кодуванням [3] та виявляти або виправляти помилки. Значення моментів модуляції таймерного сигналу, сформованого на інтервалі часу $T_c = nt_0$ (де n - кількість найквістових елементів; t_0 - їх тривалість), на відміну від розрядно-цифрового коду кратні ні t_0 , а деякому базовому елементу $\Delta = t_0/s$, де $s = 1, 2, 3, \dots, l$ - цілі числа. У канал передаються відрізки сигналу тривалістю $t_c = t_0 + k\Delta$, де $k = 0, 1, 2, \dots, s \cdot (n - 2)$. У таймерних сигналах енергетична відстань між сигнальними конструкціями визначається величиною $\Delta < t_0$, тому число їх реалізацій N_δ на інтервалі T_c значно більше в порівнянні з позиційним кодом

$$N_p = \sum_{i=1}^n \frac{[(n \cdot s) - [(s - 1) \cdot i]]!}{i! \cdot [(n \cdot s) - [(s - 1) \cdot i] - i]!}, \quad (1)$$

де i - кількість інформаційних моментів модуляції.

В роботі [4] показана можливість побудови широкопasmових одноканальних систем зв'язку для передавання конфіденційних даних на основі таймерних сигналів, псевдовипадкових послідовностей (ПВП) Уолша і системи маніпуляції BPSK, що дозволяє підвищити структурну та енергетичну прихованість. При побудові системи зв'язку багатокористувачького доступу на основі кодового розділення каналів сигнали всіх абонентів поєднуються в груповий сигнал, і їм надається змога одночасної роботи в загальній смузі частот. Для формування групового сигналу потрібно виконати спектральне розширення сигналів індивідуальних каналів. Застосування непозиційних ТСК у якості сигналів абонентів потребує іншого

підходу щодо розширення спектру. При цьому слід зазначити, що кількість найквістових інтервалів $n = T_c/t_0$ побудови таймерних сигналів для кожного каналу повинні бути однакові. Запропоновано виконувати розширення спектру ТСК не на інтервалі t_0 , як при позиційному кодуванні, а за час T_c з кількістю елементів ПВП

$$L = B \times n. \quad (2)$$

Алгоритм формування групового сигналу за допомогою послідовностей Уолша полягає в наступному:

- 1) хай існує деяка кількість N джерел цифрового сигналу, що використовують таймерні сигнали;
- 2) кожному i -му каналу присвоюється своя послідовність Уолша в якості сигнатури c_i ;
- 3) розширення спектру сигналів індивідуального каналу здійснюється шляхом перемноження бінарних значень амплітуд ТСК та ПВП

$$y_{\text{ТСК}_i}(\tau) = x_{\text{ТСК}_i}(t) \times c_i(\tau); \quad (3)$$

- 4) груповий сигнал формується шляхом підсумовування значень бінарних елементів τ сигналів $y_{\text{ТСК}_i}(\tau)$

$$X_{\text{ГР}}(\tau) = \sum_{i=1}^N y_{\text{ТСК}_i}(\tau); \quad (4)$$

- 5) сформований груповий багаторівневий цифровий сигнал модулюється та підсилюється для передавання його по каналу зв'язку.

Слід зазначити, що при формуванні групового сигналу $X_{\text{ГР}}(\tau)$ не виключається застосування операції сумування по модулю два. Такий сигнал буде мати усього два рівня амплітуд, тому можна вибрати систему маніпуляції BPSK або QPSK, що підвищить частотну ефективність каналу.

Розглянемо приклад формування групового сигналу $X_{\text{ГР}}(\tau)$ для трьох індивідуальних каналів (рис. 1) з ТСК $x_{\text{ТСК}_1}(t)$, $x_{\text{ТСК}_2}(t)$, $x_{\text{ТСК}_3}(t)$ та послідовностями розширення спектру $c_1(\tau)$, $c_2(\tau)$, $c_3(\tau)$ відповідно. Параметри ТСК наступні: $n = 4$; $s = 4$; $i = 2$. База ПВП $B = 64$. Кількість елементів τ в послідовності розширення c_i визначається по формулі (2) $L = 256$.

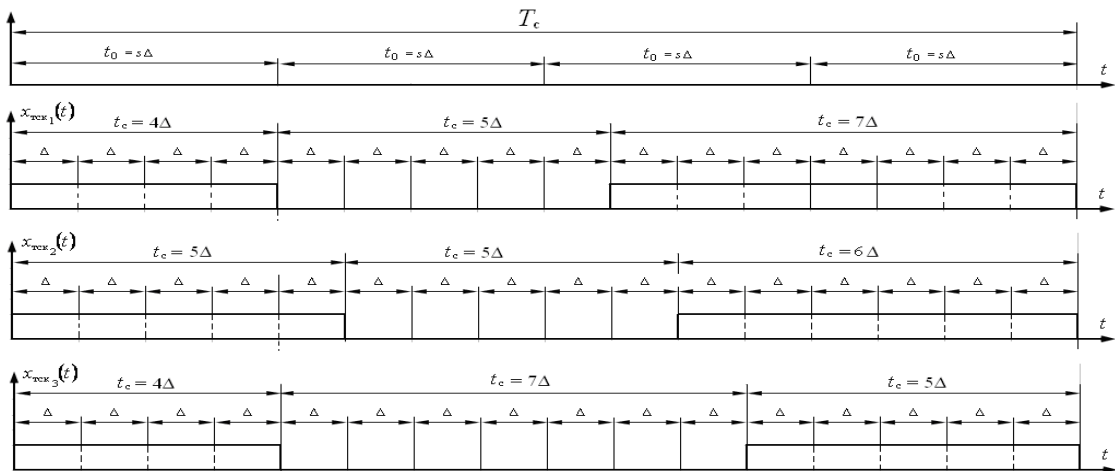


Рис. 1. Таймерні сигнали трьох індивідуальних каналів з параметрами $n = 4$; $s = 4$; $i = 2$.

Сформований груповий сигнал $X_{\text{ГР}}(\tau)$ (рис. 2) містить чотири рівні амплітуд $\{3, 1, -1, 3\}$, що потребує застосування системи маніпулювання QPSK з зсувом фази модульованого коливання $\{\pi/4, -\pi/4, 3\pi/4, -3\pi/4\}$.

Алгоритм кодового розділення сигналів на основі ТСК

Покажемо кодове розділення сигналів $x_{\text{ТСК}_1}(t)$, $x_{\text{ТСК}_2}(t)$, $x_{\text{ТСК}_3}(t)$ трьох індивідуальних каналів із групового сигналу $X'_{\text{ГР}}(\tau)$ за допомогою кореляційних приймачів при умові лінійності системи й наявності ідеальної синхронізації (рис. 3). На приймальній стороні після деманіпуляції кожне значення амплітуди багаторівневого групового сигналу $X'_{\text{ГР}}(\tau)$ множиться на елемент τ відповідної ПВП c_i :

$$D_{\text{ТСК}_i}(\tau) = X'_{\text{ГР}}(\tau) \times c_i(\tau). \quad (5)$$

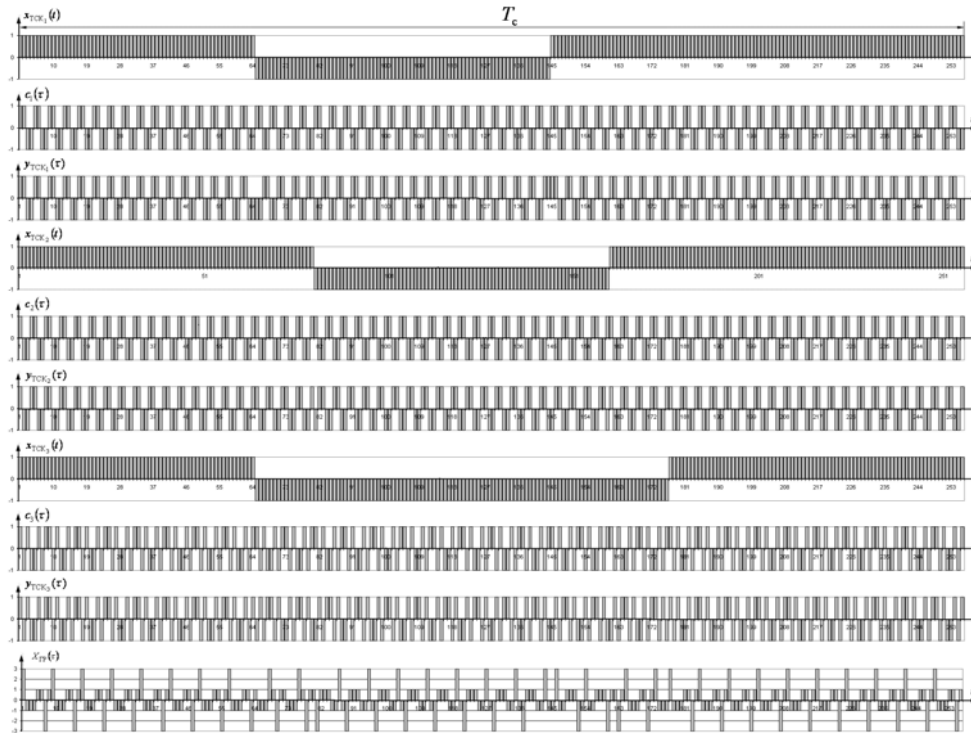


Рис. 2. Процес формування групового сигналу в системі з КРК на основі ТСК та послідовностей Уолша

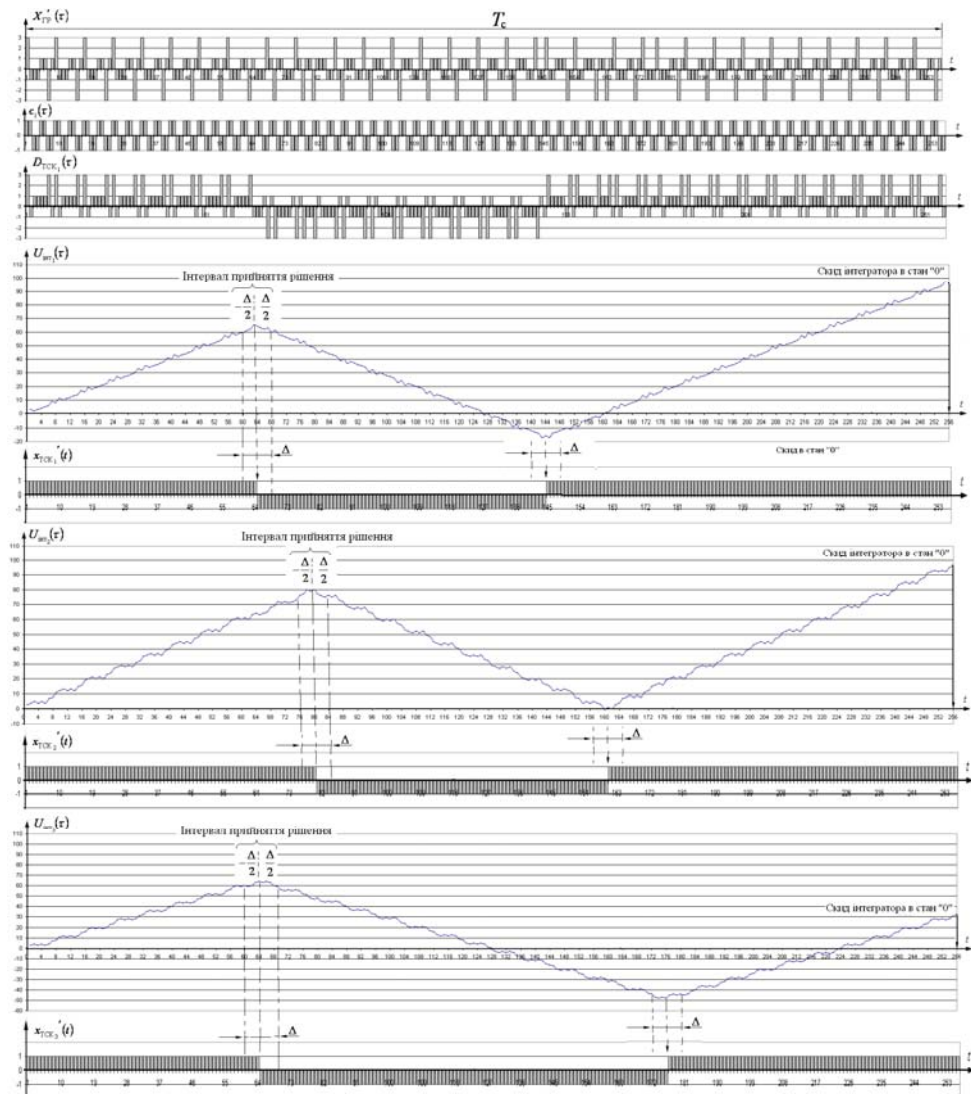


Рис. 3. Виділення фронтів ТСК із групового сигналу в системі з КРК на інтервалі T_c

Результати кожного множення з урахуванням амплітуди й значення полярності інтегруються в накопичувачі в межах одного періоду послідовності c_i на інтервалі часу T_c . Вирішальний пристрій відслідковує рівень напруги на виході інтегратору $U_{\text{інт}}(\tau)$ та по максимальному або мініимальному значенню у межах часового інтервалу $-\Delta/2 \dots \Delta/2$ виносить рішення про моменти зміни полярності таймерного сигналу. По закінченню часу T_c інтегратор скидається в нульовий стан, а вирішальний пристрій видає прийнятну реалізацію таймерного сигналу. Сигнали інших користувачів з їхніми сигнатурами сприймаються як адитивні шуми для даного каналу. Спроба розділення групового сигналу за допомогою інших ПВП, що не використовуються при формуванні групового сигналу, не приведе до позитивного результату, тому що значення рівня напруги кожного періоду інтегрування буде близьким до нуля.

Висновки

У статті досліджена можливість застосування непозиційних таймерних сигналів при побудові завадозахищених систем зв'язку. Запропонований метод формування групового сигналу дає можливість організації багатокористувацького доступу з кодовим розділенням каналів на основі ТСК та взаємно-ортогональних ПВП. При цьому виникає задача вибору відповідних параметрів n , Δ та L для забезпечення узгодження таймерних сигналів з базою ПВП.

Література

1. Куприянов А.И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. – М.: Вузовская книга, 2007. – 356 с.
2. Захарченко В.М. Синтез багатопозиційних часових кодів / В.М. Захарченко. – Київ: Техніка, 2012. – 284 с.
3. Захарченко Н.В. Структурная скрытность таймерных сигналов в системах с кодовым разделением каналов / Н.В. Захарченко, В.В. Корчинский, Б.К. Радзимовский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/9(50). – С. 7–9.
4. Захарченко Н.В. Ефективність прямого розширення спектра в системах зв'язку з таймерними сигналами / М.В. Захарченко, В.В. Корчинський, Б.К. Радзимовський, Ю.С. Горохов // Вісник НУ «Львівська політехніка». – Львів: «Львівська політехніка», 2015.– № 818. – С.76-79.

References

1. Kupriyanov A.I. Teoreticheskie osnovi radioelektronnoi borbi / A. I. Kupriyanov_ A. V. Saharov. – M_ Vuzovskaya kniga_ 2007. – 356 s.
2. Zaharchenko V.M. Sintez bagatopoziciinih chasovih kodiv / V.M. Zaharchenko. – Kiiv_ Tehnika_ 2012. – 284 s.
3. Zaharchenko N.V. Strukturnaya skritnost taimernih signalov v sistemah s kodovim rozdeleniem kanalov / N.V. Zaharchenko_ V.V. Korchinskii_ B.K. Radzimovskii // Vostochno_Evropskii jurnal peredovih tehnologii. – 2011. – № 2/9_50,. – S. 7–9.
4. Zaharchenko N.V. Efektivnist pryamogo rozshirennya spektra v sistemah zv'yazku z taimernimi signalami / M.V. Zaharchenko_ V.V. Korchinskii_ B.K. Radzimovskii_ Yu.S. Gorohov // Visnik NU «Lvivska politehnika». – Lviv_ «Lvivska politehnika»_ 2015.– № 818. – S.76_79.

Рецензія/Peer review : 2.2.2016 р. Надрукована/Printed : 26.3.2016 р.