

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ М-ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДА КОДОВОГО РОЗПОДІЛУ КАНАЛІВ

Мицай Д.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Бондар Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІМІ  
м. Харків, Україна

e-mail: dmytro.mitsai@nure.ua

This work is devoted to assessing the possibility of using signals of pseudo-random binary sequences as spreading sequences in a code division transmission system. Attention is drawn to the presence of families of pseudo-random binary sequences formed in accordance with the parameter of their period. Correlation processing is used as a method for identifying a subscriber channel. The study is based on the results of computer modeling. A conclusion is formulated about the prospects of this method of implementing the multichannel communication method.

В сучасних телекомунікаційних системах, які ґрунтуються на застосуванні цифрових технологій зв'язку, для формування інформаційних потоків застосовують широкосмугові двійкові сигнали. Цей факт обумовлений можливістю використання методів узгодженої фільтрації сигналів з метою розпізнавання двійкових інформаційних символів в сигналі, що передається та приймається. Потужним засобом в цьому аспекті є методи кореляційної обробки. Кореляційна обробка ґрунтується на розрахунку кореляційних функцій сигналів.

Метод широкосмугового зв'язку передбачає розширення частотної смуги спектру інформаційного сигналу, якій первинно можна вважати вузькосмуговим. Один з методів розширення спектру інформаційного сигналу є метод прямого розширення спектру (DSSS – direct sequence spread spectrum). Цей метод передбачає перетворення кожного інформаційного двійкового символу на певного вигляду широкосмугову двійкову послідовність. В якості послідовності, що розширює, можна використати псевдовипадкову послідовність максимальної довжини, яку ще часто називають  $m$ -послідовністю.

Відомо, що  $m$ -послідовність має автокореляційну функцію (АКФ) дуже подібну на АКФ білого шуму з високим та вузьким центральним максимумом та мінімальним рівнем бічних пелюстків. Саме ця особливість АКФ допомагає зробити процес розпізнавання  $m$ -послідовності більш впевненим. Крім того корисною особливістю  $m$ -послідовності є простий метод (алгоритм) її генерування на основі регістру зсуву, охопленого лінійним зворотним зв'язком. Таким чином  $m$ -послідовності можна розрізняти за кількістю розрядів регістра  $n$ .

Довжина  $m$ -послідовності визначається як  $N = 2^n - 1$ . Ця величина також є періодом послідовності. Кількість  $m$ -послідовностей з періодом  $N$  визначається формулою:

$$M = \frac{\Phi(N)}{n}$$

де  $\Phi(N)$  – функція Ейлера, що показує кількість натуральних взаємно простих з  $N$  чисел в діапазоні від 1 до  $N$ . З ростом  $N$  функція Ейлера стрімко зростає. Тому і кількість  $m$ -послідовностей з періодом  $N$  також швидко росте. Наприклад для довжини  $N = 3$  маємо 2 послідовності, а для  $N = 1023$  маємо вже 60 послідовностей. Таким чином можна вважати, що для певних  $N$  виникає сім'я  $m$ -послідовностей в кількості  $M$ .

Метод кодового розподілу каналів в системі багатоканального зв'язку вимагає застосування сім'ї широкосмугових послідовностей, які призначені грати роль кодів абонентів. З огляду на це виникає питання чи можна використати  $m$ -послідовності перної сім'ї, яка визначається параметром  $N$  в якості кодів абонентських в груповому потоці системи зв'язку.

Проведемо моделювання кодового ущільнення каналів на комп'ютері за допомогою пакету MathCad. З цією метою розроблено ряд макросів, які дозволяють генерувати масиви сім'ї  $m$ -послідовностей, розраховувати їхні кореляційні функції, створювати масив групового сигналу та проводити розпізнавання інформаційних символів.

Моделювання проведено з використанням сім'ї  $m$ -послідовностей з  $N = 7$ . В цій сім'ї всього дві послідовності, ким відповідають генеруючі поліноми:  $1 + x^2 + x^3$  та  $1 + x + x^3$ . Схеми генераторів цих послідовностей наведені на рис. 1.

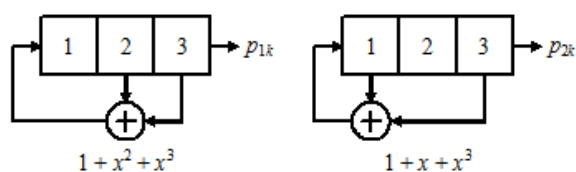


Рисунок 1 – Генератори двох  $m$ -послідовностей з сім'ї  $N = 7$

Моделюванню підлягає система передачі з двома каналами, в яких задано два двійкових тестових сигнали: 0011 та 0101. Після розширення інформаційних символів кожного з каналів своєю  $m$ -послідовністю груповий сигнал багатоканального зв'язку набере вигляду, який наведено на рис. 2.

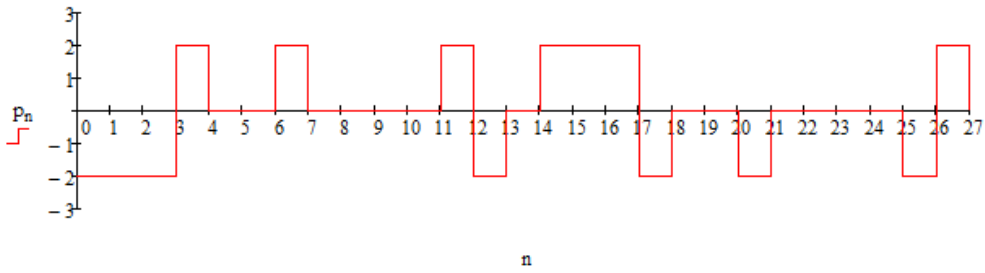


Рисунок 2 – Часова діаграма групового сигналу

Наступним кроком в моделюванні буде розрахунок ВКФ групового сигналу з двома  $m$ -послідовностей. Результати зображені на рис. 3.

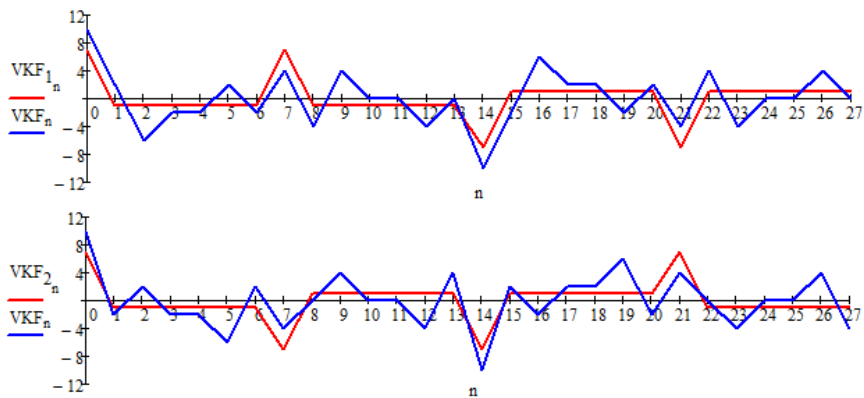


Рисунок 3 – Результати розрахунку ВКФ групового сигналу двома  $m$ -послідовностями

Червоною кривою для порівняння зображено АКФ відповідної двома  $m$ -послідовності. Результати свідчать про те що перспектива використання двома  $m$ -послідовностей в якості кодових сигналів при методі кодового розподілу каналів виглядає непереконливою.

Список використаних джерел:

1. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. Москва, 1985. 384 с.
2. <https://www.gaussianwaves.com/2018/09/maximum-length-sequences-m-sequences/>