

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ OFDM З ЦИКЛО-СТАЦІОНАРНИМ ВИЗНАЧЕННЯМ СПЕКТРА

Яценко С. В., студент; Булашенко А. В., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Для підвищення ефективності використання смуги пропускання дослідники запропонували декілька носійних фільтрів [1]. Але для кращого підвищення ефективності використання смуги пропускання дослідники пропонують використовувати технологію 5G [2]. Когнітивне радіо є однією із таких технологій у мобільному зв'язку, що може підвищити ефективність системи шляхом виділення вільного спектру не ліцензованому користувачу. В OFDM [3 – 4] використовується циклічний префікс (ЦП) для запобігання завади між символами, але ЦП використовує деяку смугу пропускання, що зменшує ефективність смуги пропускання системи. ЦП є інтелектуальною технологією, що дозволяє ефективно знаходити використані та невикористані канали. Це значно збільшує використання спектра, оскільки ініціалізується 60 – 70 % смуги пропускання.

Блок-схема запропонованої цикло-стаціонарної моделі наведена на рис. 1. Випадковий двійковий сигнал генерується в випадково-двійковому генераторі ВДГ.

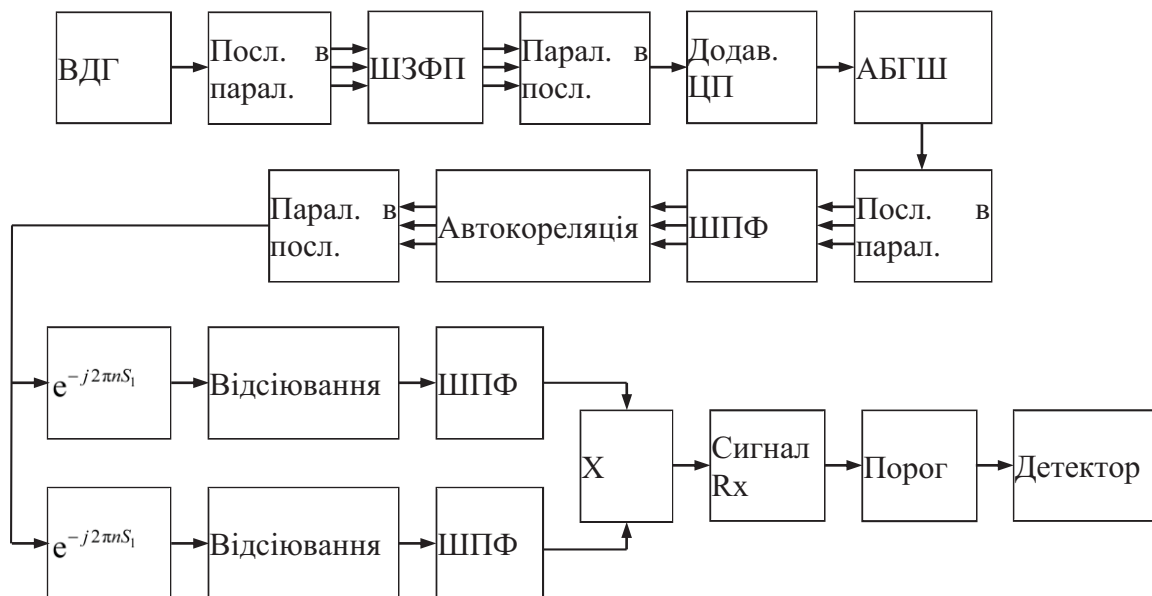


Рисунок 1. Блок-схема цикло-стаціонарної моделі

Для аналізу сигналу у часовій області використовується швидке зворотне перетворення Фур'є (ШЗФП), що перетворює сигнал із паралельного в послідовний для додавання ЦП та передається по каналу адитивного білого гаусовського шуму (АБГШ). В приймачі послідовна форма сигналу перетворюється в паралельну форму, та ШПФ застосовується до кожного символу для аналізу сигналу в частотній області. Результати ШПФ застосовуються до автокорелятора, що робить сигнал цикло-стаціонарним за своєю

природою, а паралельна форма сигналу перетворюється в послідовну форму. Щоб виявити цикло-стаціонарний сигнал, одержаний сигнал перемножується. Відсіювання та ШПФ застосовуються до кожного сигналу та перемножуються. Отриманий сигнал порівнюється з порогом виявлення спектра. Формулюється гіпотеза про те, що якщо прийнятий сигнал перевищує порогове значення, виявлення буде здійснюватися, у протилежному випадку виявлення не розглядається.

Автокореляційна функція математично формується:

$$R_{xx}(t, \tau) = E\{x(t) \cdot x(t + \tau)\},$$

де $x(t)$ є неперервний сигнал з нульовим середнім. Періодичність в зібраному сигналі для усунення головного користувача використовується цикло-стаціонарна характеристика, яка визначає спектральну кореляційну функцію (СКФ)

$$S_x(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau.$$

Основною перевагою спектральної кореляції є те, що вона виділяє енергію завади від енергії сигналу, що передається. Цикло-стаціонарні характеристики сигналу не дублюються в спектральній густині потужності (СПП); але вони копіюються СКФ, що одержується шляхом перетворення Фур'є циклічної автокореляції. Він базується на спектральній надлишковості двох окремих спектральних компонентів. Метод кореляції видаляється шляхом вимірювання циклічної спектральної густини за допомогою перетворення Фур'є звичайного метода кореляції

$$S_x^{\infty}(f) = \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} R_x^{\infty}(\tau) e^{-j2\pi f\tau}.$$

Результуюча СКФ для прийнятого сигналу можна

$$S_x^{\infty}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \lim_{\Delta T \rightarrow \infty} S_{XT}^{\infty}(f)(\Delta T)$$

Щоб виявити порожнини в спектрі в когнітивному радіозв'язку шляхом сприйняття, кожен другорядний користувач обирає між двома наступними гіпотезами, що символізує наявність (H_1) та відсутність (H_0) первинного користувацького сигналу в ліцензованій смузі частот

$$\begin{cases} H_0 : x_i(t) = n_i(t) \\ H_1 : x_i(t) = h_i s(t) + n_i(t), i = 1, \dots, N_u \end{cases}.$$

де $x_i(t)$ є i -м прийнятим сигналом вторинного користувача, N_u — кількість вторинних користувачів, $s(t)$ — сигнал, що передається, від первинного користувача, $n_i(t)$ — АБГШ та h_i є підсилення каналу між первинним та вторинним i -м користувачем.

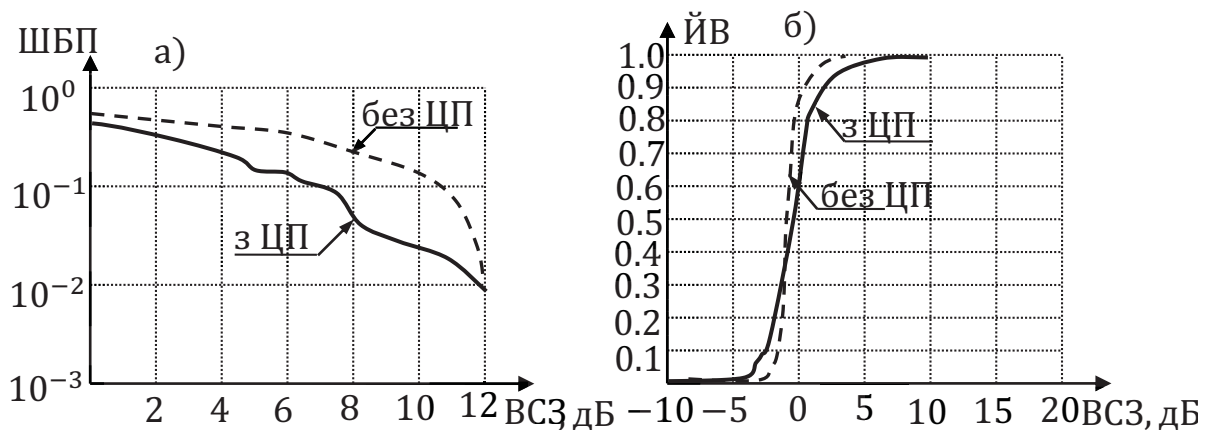


Рисунок 2. Залежності швидкості бітових помилок ШБП від співвідношення сигнал/завада (а) та залежність ймовірності виявлення від співвідношення сигнал/завада (б)

Досліджуючи покращення роботи системи OFDM без використання ЦП, щоб використовувати втрату спектральної ефективності, що виникає в системах з ЦП. Результати залежності швидкості бітових помилок від співвідношення сигнал/завада (рис. 2.а) та ймовірності виявлення від співвідношення сигнал/завада показують, що функціонування та ефективність OFDM з ЦП краще в порівнянні з OFDM без ЦП.

Перелік посилань

1. L. Yang. Cyclo energy detector for spectrum sensing in cognitive radio / Yang L., Chen Z., Yin F. // Int. J. Electron. Commun, Vol. 66, 2012, pp. 89 – 92.
2. P. Sutton. Cyclostationary signature for LTE advanced and beyond / Sutton P., Uzgul B., Doyle L. // Phys. Commun, Vol. 10, 2013, pp. 179 – 189.
3. P. Nandhak. Analysis of OFDM system with energy detection spectrum sensing / Nandhak P., Kumar A. // Indian J. Sci. Technol, Vol. 9, 2016, pp. 1 – 6.
4. I. Mohammed. Wireless distributed computing for cyclostationary feature detection / Mohammed I., Alfaqawi Chebi J. // Digit. Commun. Netw., Vol. 2, 2016, pp. 47 – 56.

Анотація

Розглянута OFDM з використанням циклічного префікса, щоб зменшити між символні інтерференцію. Оскільки ЦП приводить до втрати пропускної здатності, то розглянута система із цикло-стаціонарним зондуванням спектру без ЦП.

Ключові слова: циклічний префікс, міжсимвольна інтерференція.

Аннотация

Рассмотрена OFDM с использованием циклического префикса (ЦП), чтобы уменьшить междусимвольную интерференцию. Поскольку ЦП приводит к потере пропускной способности, то рассматривается система с цикло-стационарным зондированием спектра без ЦП.

Ключевые слова: циклический префикс, междисимвольная интерференция.

Abstract

OFDM is considered using a cyclic prefix (CP) to reduce intersymbol interference. Since the CPU leads to loss of bandwidth, we consider a system with cyclic-stationary sounding of the spectrum without CPU.

Keywords: cyclic prefix, inter symbol interference.