

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ЗІ СТРИБКОПОДІБНОЮ ЗМІНОЮ НОСІЙНОЇ ЧАСТОТИ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядається актуальне наукове завдання підвищення завадозахищеності та надійності систем зв'язку зі стрибкоподібною зміною носійної частоти шляхом розробки методів адаптивного синтезу таймерних сигнально-кодкових конструкцій. Запропонований підхід орієнтований на роботу в умовах впливу навмисних та природних завад і базується на спільному використанні частотної адаптації, часових інтервалів передачі та завадостійкого кодування. Наведено узагальнену математичну модель системи зв'язку та показники оцінювання ефективності.

Ключові слова: завадозахищеність, FHSS, таймерні сигнали, сигнально-кодкові конструкції, адаптивний синтез.

Abstract

The paper considers the current scientific task of increasing the noise immunity and reliability of communication systems with a step change in the carrier frequency by developing methods for adaptive synthesis of timer signal-code structures. The proposed approach is focused on work under conditions of intentional and natural interference and is based on the joint use of frequency adaptation, transmission time intervals and noise-resistant coding. A generalized mathematical model of the communication system and performance evaluation indicators are presented. **Keywords:** interference immunity, FHSS, timer signals, signal-code structures, adaptive synthesis.

Keywords: noise immunity, FHSS, timer signals, signal-code structures, adaptive synthesis.

Системи зв'язку зі стрибкоподібною зміною носійної частоти (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) широко застосовуються в умовах підвищених завад, зокрема при протидії навмисним завадам та радіоелектронному придушенню [1]. Основною перевагою таких систем є можливість розосередження спектра сигналу в частотній області, що ускладнює його виявлення та перехоплення [2]. Разом з тим ефективність FHSS-систем істотно залежить від алгоритмів формування сигнально-кодкових конструкцій та їх адаптації до завадової обстановки [3].

Розглянемо систему зв'язку, в якій передаваний сигнал описується виразом

$$s(t) = A \cdot ck(t) \cdot \cos(2\pi f_i t + \varphi)$$

де A – амплітуда сигналу, $ck(t)$ – сигнально-кодова послідовність, f_i – частота з набору допустимих частот, що вибирається згідно з законом стрибкоподібної зміни, φ – початкова фаза [1,4].

Таймерна структура передачі визначається набором часових інтервалів $j(t)$, які адаптивно змінюються залежно від оцінки завадової обстановки. У загальному випадку прийнятий сигнал на вході приймача має вигляд

$$r(t) = s(t) + n(t) + j(t),$$

де $n(t)$ – адитивна біла гаусова завада, $j(t)$ – навмисна завада.

Як показник завадостійкості використовується ймовірність бітової помилки

$$P_b = Q(\sqrt{2Eb/(N_0 + J_0)}),$$

де E_b – енергія біта, N_0 – спектральна густина шуму, J_0 – еквівалентна спектральна густина завади [2, 3].

Адаптивний синтез сигнально-кодових конструкцій Запропонований метод передбачає адаптацію частотної послідовності та таймерних інтервалів передачі на основі оцінки поточного рівня завад. При зростанні інтенсивності навмисних завад збільшується швидкість перестрибування частот та змінюється структура сигнально-кодової конструкції з метою мінімізації кореляції з завадовим сигналом [3, 4].

Адаптивний алгоритм синтезу може бути поданий у вигляді функціонального відображення

$$\{f_i, T_j, c_k\} = \operatorname{argmin} P_b(\hat{J}, \hat{N}),$$

де $\hat{J}, \hat{N}$ – оцінки параметрів завад та шуму відповідно.

Обговорення результатів Аналіз запропонованого підходу показує, що спільне використання таймерних сигналів та адаптивного частотного перестрибування дозволяє зменшити ймовірність бітової помилки та підвищити надійність передачі інформації в умовах інтенсивних завад.

Структура адаптивного синтезу наведена на рис. 1.

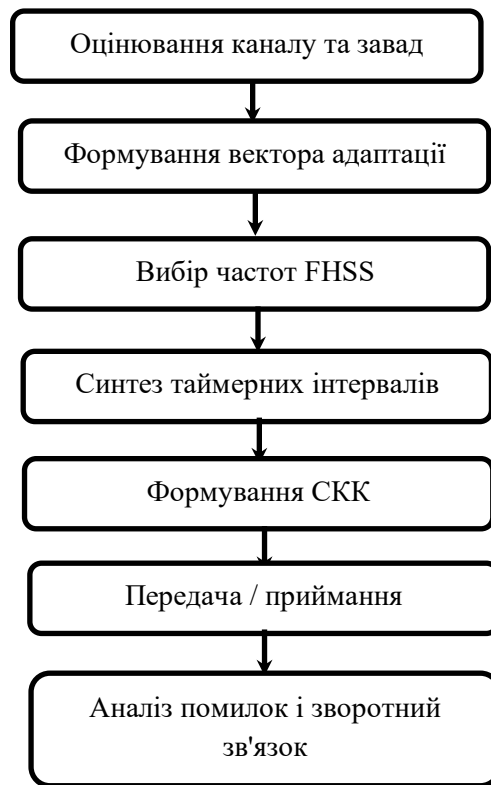


Рисунок 1 – Блок-схема адаптивного синтезу таймерних сигнально-кодових конструкцій

У роботі сформульовано та обґрунтовано підхід до підвищення завадозахищеності та надійності систем зв'язку зі стрибкоподібною зміною носійної частоти шляхом адаптивного синтезу таймерних сигнально-кодових конструкцій. На відміну від традиційних методів, запропонований підхід передбачає спільну адаптацію частотної послідовності, часових інтервалів передачі та структури кодових послідовностей з урахуванням оцінок параметрів навмисних і природних завад. Це дозволяє зменшити ймовірність бітової помилки та підвищити стійкість системи до радіоелектронного придушення. Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для подальшого розвитку методів адаптивного керування параметрами FHSS-систем та можуть бути використані при проектуванні перспективних систем зв'язку спеціального та цивільного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dixon R.C. Spread Spectrum Systems with Commercial Applications. 3rd ed. New York: Wiley, 1994. - 528 с.
2. Proakis J.G. Digital Communications. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2008. - 992 с.
3. Torrieri D. Principles of Spread-Spectrum Communication Systems. 2nd ed. New York: Springer, 2011. - 504 с.
4. Simon M.K., Alouini M.-S. Digital Communication over Fading Channels. 2nd ed. New York: Wiley, 2005. - 960 с.

Ентін Ігор Іванович - аспірант групи 172-23а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: igorentin90@gmail.com.

Макогон Віталій Іванович - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, makogon.v.i@vntu.edu.ua

Entin Igor Ivanovich - postgraduate student of group 172-23a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: igorentin90@gmail.com.

Makogon Vitaly Ivanovich - candidate of technical sciences, senior lecturer of the department of information communication systems and technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: makogon.v.i@vntu.edu.ua.