

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИРОКОСМУГОВИХ ІМПУЛЬСНО-КОДОВИХ МОДУЛЯТОРІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено спектральний метод визначення динамічних характеристик широкосмугових імпульсно-кодових модулаторів (ШКМ). Для розширення частотного діапазону досліджень запропоновано спектральні перетворення вихідних сигналів ШКМ у базисі Уолша-Фур'є. Основною перевагою запропонованого методу є скорочення часу для визначення характеристик ШКМ за рахунок використання алгоритмів прискореної згортки та швидких обчислювальних процедур.

Ключові слова: широкосмугові імпульсно-кодові модулатори, динамічні характеристики, взаємні спектральні перетворення

Abstract

The paper presents a spectral method for determining the dynamic characteristics of broadband pulse code modulators (BPSM). To expand the frequency range of research, spectral transformations of BPSM output signals at the Walsh-Fourier basis have been proposed. The main advantage of the proposed method is the reduction of time to determine the characteristics of BPSM through the use of accelerated convolution algorithms and fast computational procedures.

Keywords: broadband pulse code modulators, dynamic characteristics, mutual spectral transformations

Вступ

Широкасмугові імпульсно-кодові модулаторів (ШКМ) є ключовими компонентами, що впливають на ефективність функціонування телекомунікаційних засобів. Якість передавання сигналів безпосередньо залежить від властивостей ШКМ. Це обумовлює особливу актуальність розробки засобів, які забезпечують повноту дослідження динамічних характеристик ШКМ [1]. Сучасний розвиток засобів визначення характеристик ШКМ характеризується підвищенням вимог до продуктивності їх функціонування і ширшим використанням цифрових методів оброблення сигналів [2]. Таким чином, розробка методу визначення динамічних характеристик ШКМ, що характеризується підвищеною продуктивністю є актуальною науковою задачею.

Результати дослідження

При спектральному аналізі сигналу $y(t)$ на виході ШКМ з використанням алгоритму швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) отримаємо коефіцієнти розкладання [2]

$$A(k) = \{a_k, b_k\} = 1/N \sum_{l=0}^{N-1} y_l e^{-i2\pi k l / N}, \quad k = \overline{0, N-1}. \quad (1)$$

Квадрати модулів комплексних значень (1) визначають дискретні значення спектральної густини $S_y(\omega)$ вихідного сигналу ШКМ. Розглянемо тепер можливість побудови реалізації спектрального методу визначення динамічних характеристик ШКМ з використанням базису Уолша та засобів взаємних спектральних перетворень (ВСП). При цьому суттєве прискорення визначення $h(t)$ може бути досягнуте за рахунок застосування вхідного сигналу типу нормального білого шуму, який може бути сформований за допомогою швидкого перетворення Уолша (ШПУ) у відповідності з формулою

$$\xi_x(l) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=0}^{N-1} \lambda_j \text{Wal}(j, l), \quad (2)$$

де λ_j – випадкові числа, які рівномірно розподілені в інтервалі $[-1, 1]$.

Реалізація методу здійснюється з використанням наступних етапів: визначається динамічна характеристика ШКМ при подачі на його вхід тестового сигналу у вигляді „білого шуму”. На базі спектра потужності тестового сигналу визначається спектральна густина потужності нульового наближення вхідного сигналу, по якій за допомогою ШПФ генерується стаціонарна випадкова дія $x(t)$, яка подається на вхід ШКМ. Потім визначається спектр потужності Уолша $W_y(j)$ і проводиться його оцінювання. За допомогою прискорених процедур ВСО виконується перетворення $W_y(j)$ у спектр потужності Фур’є і визначається вектор для коригування спектра вхідної дії. У режимі випробувань сформований випадковий процес подається на вхід ШКМ протягом часу, необхідного для аналізу.

Ефективність запропонованого методу оцінюється за допомогою коефіцієнта продуктивності:

$$Q_n = \frac{T_{\text{ШПФ}}}{T_{\text{ШПУ}}}, \quad (3)$$

де $T_{\text{ШПФ}}$, $T_{\text{ШПУ}}$ – часові затрати відповідно при безпосередньому визначенні динамічних характеристик ШКМ на базі алгоритмів ШПФ і при застосуванні алгоритмів ШПУ і ВСП.

Визначення одного відліку характеристики ШКМ на базі алгоритмів ШПФ вимагає на виконання ШПФ $2N \cdot \log_2 N$ операцій множення та на ОШПФ також $2N \cdot \log_2 N$ операцій множення. Окрім того, визначення періодограми виконується з використанням $3N$ множень. Для реалізації методу у базисі Уолша необхідно для одного відліку характеристики $\log_2 N$ множень на ОШПУ та $N(\log_2 N - 2)$ операцій множення на виконання ШПУ та процедури ВСП. З урахуванням цього ефективність запропонованого методу дорівнює

$$Q_n = \frac{4N \cdot \log_2 N + 3N}{\log_2 N + N(\log_2 N - 2)}. \quad (4)$$

Графік залежності коефіцієнта продуктивності методу від об’єму вибірки представлено на рис. 1.

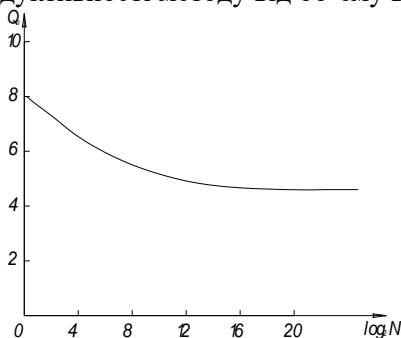


Рисунок 1 - Графік залежності коефіцієнта продуктивності від об’єму вибірки

Висновки

Запропонований спектральний метод на базі використання алгоритмів прискореної згортки і спектральних перетворення Уолша-Фур’є дає можливість як розширення частотного діапазону досліджень, так і суттєвого скорочення часу для визначення динамічних характеристик ШКМ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г., Кичак В.М., Пунченко Н.О. Методи та пристрої оцінювання характеристик імпульсно-кодових модуляторів широкосмугових сигналів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 147 с.

2. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Методи та засоби первинного цифрового оброблення радіосигналів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2016. 168 с.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Кирилюк Сергій Олександрович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

Kyrylyuk Sergiy Olexandrovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com