

# ПРИСТРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ДЖИТЕРУ СИГНАЛІВ У ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі представлено метод і пристрій оцінювання джитеру сигналів у цифрових трактах волоконно-оптичних систем передачі. На базі запропонованого методу цифрового періодограмно-корелограмно оброблення сигналів розроблено структурну схему пристрою оцінювання джитеру сигналів. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що завдяки розробленому методу вдається підвищити роздільну здатність та статистичну стійкість оцінок джитеру сигналів.

**Ключові слова:** волоконно-оптичні системи передачі, джитер сигналів, цифровий тракт, оцінювання, спектральна густина потужності.

## Вступ

У сучасних волоконно-оптичних системах передачі (ВОСП) виникають специфічні проблеми, що пов'язані з особливостями передавання цифрових сигналів трактами телекомунікаційних засобів. Джитер сигналів є однією з основних проблем, що виникає у ВОСП. Джитер є специфічним видом спотворень, що виникають у процесі формування та передавання сигналів у цифрових трактах ВОСП [1].

Розвиток засобів оцінювання джитеру на сучасному етапі відбувається в основному за рахунок повнішого використання потенціалу методів оцінювання джитеру у часовій області, а також за рахунок збільшених можливостей апаратного та програмного забезпечення [1, 2]. Однак, відомі підходи не забезпечують суттєвого покращення параметрів засобів оцінювання джитеру у ВОСП. Отже, існує наукова задача, яка полягає в необхідності забезпечення підвищення стійкості та роздільної здатності оцінок джитеру сигналів у ВОСП.

Метою роботи є підвищення ефективності оцінювання джитеру сигналів у цифрових трактах ВОСП за рахунок підвищення роздільної здатності та статистичної стійкості оцінок цифрового періодограмно-корелограмно оброблення сигналів джитеру.

## Результати дослідження

У роботі запропоновано метод спектрального оцінювання джитеру на базі використання багатоетапного періодограмно-корелограмно оброблення сигналів. Для отримання згладжених і статистично стійких оцінок спектральної густини потужності (СГП) на кінцевому масиві відліків сигналу джитеру необхідно здійснювати згладжувальне оцінювання у часовому та частотному вимірі. Тому на першому етапі оброблення необхідно вхідний масив розділити на  $P$  сегментів по  $M$  відліків зі зсувом, що дорівнює  $B$  відліків між сусідніми сегментами.

Вхідна послідовність  $x(n)$  розділяється на підпослідовності  $x_p(n)$  довжиною по  $M$  відліків кожна. Підпослідовності  $x_p(n)$  зсунені одна відносно одної на  $B$  відліків, при цьому  $p$ -й сегмент пов'язано зі вхідним масивом  $x(n)$  співвідношенням:

$$x_p(n) = x[n + B \cdot (p - 1)]. \quad (1)$$

Перед знаходженням періодограми кожного сегмента цей сегмент обробляється оптимальною віконною функцією  $\omega_d(n)$ . Зважений сегмент даних має такий вигляд:

$$x_{p\omega} = \omega_d(n) \cdot x[n + B(p - 1)]. \quad (2)$$

Для кожної зі зважених підпослідовностей знаходяться коефіцієнти дискретного перетворення Фур'є. Середнє значення періодограм зважених сегментів дає оцінку СГП сигналу:

$$S(k) = \frac{1}{P \cdot U_d} \sum_{p=1}^P \left| \sum_{n=0}^{M-1} \omega_d(n) \cdot x_p[n + B \cdot (p-1)] \cdot e^{-j \frac{2\pi k n}{M}} \right|^2. \quad (3)$$

Завдяки перекириванню для заданого масиву можна збільшити кількість сегментів і тим самим зменшити дисперсію результуючої оцінки. Вираз (3) дає можливість отримати згладжені оцінки СПП сигналу джитеру за рахунок усереднення кількох періодограм. Подальше корелограмне оброблення спектрів підвищує статистичну стійкість отриманих результатів за рахунок усереднювального ефекту процесу автокореляції.

На базі запропонованого методу цифрового періодограмно-корелограмного оброблення сигналів розроблено структуру пристрою оцінювання джитеру. Вхідний сигнал, що досліджується, надходить у блок формування сигналу джитеру. Для цього синхросигнал відновлюється з вхідного сигналу за допомогою виділювача тактової частоти (ВТЧ). Вузол регульованої затримки (ВРЗ) дає можливість компенсувати часові похибки ВТЧ. Вихідний сигнал ВРЗ та синхросигнал подаються на фазовий детектор (ФД), який здійснює порівняння фаз. На виході ФД формується сигнал джитеру, який подається у блок цифрового оброблення. Результати оцінювання фіксуються у блоці відображення інформації.

### Висновки

Запропоновано новий метод і пристрій спектрального оцінювання джитеру сигналів у ВОСП, який передбачає багатоетапне оброблення вибірок сигналу з оптимальним віконним зважуванням оброблюваних сегментів даних, що дає змогу зменшити дисперсію оцінювання спектральної густини потужності сигналу. Доведено, що узагальнений критерій якості запропонованого методу спектрального оцінювання більш, ніж на порядок перевищує аналогічний критерій класичного методу оцінювання джитеру сигналів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Методи та засоби підвищення ефективності оцінювання фазового дрижання сигналів у телекомунікаційних системах : монографія – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 140 с.
2. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Бортник О.Г. Метод оцінювання детермінованих складових фазового дрижання у цифрових системах передавання // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012. – №3 – С. 45-48.

**Бортник Геннадій Григорович** – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [bgen88@gmail.com](mailto:bgen88@gmail.com)

**Бортник Сергій Геннадійович** – канд. техн. наук, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [sbortnyk@gmail.com](mailto:sbortnyk@gmail.com)

**Бріль Михайло Романович** – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [mishkabrill@gmail.com](mailto:mishkabrill@gmail.com)

## DEVICE FOR ESTIMATING SIGNAL JITTER IN FIBER-OPTICAL TRANSMISSION SYSTEMS

### Abstract

*The paper presents a method and device for estimating signal jitter in digital paths of fiber-optic transmission systems. Based on the proposed method of digital periodogram-correlogram signal processing, a structural diagram of a device for estimating signal jitter has been developed. Analysis of the effectiveness of the proposed method confirmed that the developed method can increase the resolution and statistical stability of signal jitter estimates.*

**Keywords:** fiber optic transmission systems, signal jitter, digital path, evaluation, power spectral density.

**Bortnyk Gennadiy Grygorovych** – Ph.D., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [bgen88@gmail.com](mailto:bgen88@gmail.com)

**Bortnyk Serhii Gennadiiovych** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [sbortnyk@gmail.com](mailto:sbortnyk@gmail.com)

**Bryl Mykhailo Romanovych** – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [mishkabrill@gmail.com](mailto:mishkabrill@gmail.com)