

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЖИТЕРУ СИГНАЛІВ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено спектральний метод визначення параметрів джитеру у цифрових системах зв'язку. Для підвищення точності визначення параметрів джитеру запропоновано виконання цифрового оброблення досліджуваних сигналів у телекомунікаційних системах. Основною перевагою запропонованого методу є зниження дисперсії та зменшення рівня бічних паразитних складових спектра потужності сигналів джитеру.

Ключові слова: джитер, цифрові системи зв'язку, спектр потужності, дискретне перетворення Фур'є

Abstract

The spectral method of determination of jitter parameters in digital communication systems is presented in the work. To increase the accuracy of determining the parameters of the jitter, it is proposed to perform digital processing of the studied signals in telecommunication systems. The main advantage of the proposed method is to reduce the dispersion and reduce the level of lateral parasitic components of the power spectrum of jitter signals.

Keywords: jitter, digital communication systems, power spectrum, discrete Fourier transform

Вступ

Використання нових методів високошвидкісного передавання інформації передбачає підвищення вимог до якості роботи цифрових систем зв'язку (ЦСЗ). В сучасних ЦСЗ основним параметром якості роботи є джитер (Дж) сигналів. Підвищений рівень Дж сигналів призводить до зниження стійкості функціонування ЦСЗ та спотворення переданої інформації [1]. Найпоширеніші методи визначення Дж базуються на двох етапах оцінювання Дж, які відрізняються фільтрами нижніх і верхніх частот. Незважаючи на простоту реалізації, ці методи характеризуються низькою точністю та обмеженим числом контрольованих параметрів Дж [2].

Для ефективного дослідження причин виникнення Дж та характеру його зміни в частотній та часовій областях необхідно виконувати комплексний аналіз параметрів Дж у розрізі випадкової та детермінованої складових. Відомі методи аналізу параметрів Дж не дають можливості всебічно досліджувати складові Дж. Отже, існує необхідність у розробленні методу визначення Дж, який би забезпечував високу точність визначення параметрів Дж у широкій смузі робочих частот.

Результати дослідження

У загальному випадку аналіз параметрів Дж сигналу ЦСЗ можна реалізувати, виконавши:

- вимірювання значень помилок часових інтервалів (ПЧІ) сигналу з виділенням Дж та визначення параметрів складових Дж, а саме: Дж, залежного від коефіцієнта заповнення імпульсної послідовності та Дж, залежного від міжсимвольної інтерференції;
- заповнення пропущених значень ПЧІ вхідного сигналу з виділенням періодичного Дж та оцінювання його параметрів;
- комплексний аналіз складових Дж з подальшим визначенням їх параметрів.

Найповнішими з точки зору кількості досліджуваних параметрів Дж є методи спектрального аналізу на базі дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) [1]. Параметри Дж зручно оцінювати, використовуючи цифровий спектральний аналіз на основі алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) з віконним зважуванням. Основною метою спектрального аналізу Дж сигналів у ЦСЗ є визначення на базі ДПФ спектра потужності (СП) цифрових еквівалентів Дж:

$$S(k) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{nk} \right|^2, \quad (1)$$

де N - число дискретних значень сигналу; $W_N = e^{-j(2\pi/N)}$ - поворотальні множники ДПФ;

$x(n)$ - вибірка сигналу у часовій області.

У роботі пропонується метод спектрального аналізу компонентів Дж, який базується на заповненні пропущених значень послідовності шляхом заміни їх на значення, які характеризують періодичну складову Дж, що дозволяє розділити періодичні та випадкові компоненти Дж.

Цей метод можна реалізувати шляхом виконання таких етапів:

- невідомі значення в послідовності ПЧІ замінюються періодичною послідовністю нулів та одиниць та за допомогою ШПФ з віконним зваженням виконується перехід з часової у частотну область;
- визначення пікових складових спектра послідовності ПЧІ, які відповідають значенням періодичного Дж з відкиданням складових спектра, які не відповідають піковим значенням періодичного ФД;
- виконання процедури зворотного ШПФ, в результаті чого отримуємо послідовність періодичних складових Дж у часовій області;
- виконання процедури коригування послідовності складових періодичного Дж та заміни невідомих значень досліджуваної послідовності на відповідні значення отриманої послідовності складових періодичного Дж;
- значення послідовності, що характеризують періодичний Дж замінюють на невідомі значення і в подальшому аналізі під час розділення й оцінювання параметрів випадкової та періодичної складових Дж не враховуються.

Використання перекривних ШПФ з оптимальним віконним зваженням забезпечує підвищення точності запропонованого методу спектрального оцінювання параметрів Дж. СП окремого зваженого сегмента даних в результаті спектрального оцінювання параметрів Дж можна знайти за формулою

$$S_p(k) = |X_{pw}(k)|^2. \quad (2)$$

Для отримання статистично стійких оцінок СП пропонується процедура спектрального усереднення зважених перекривних сегментів даних. Оцінка СП досліджуваного сигналу Дж з урахуванням усереднення спектральних складових буде мати вигляд:

$$S(k) = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P S_p(k) = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P |X_{pw}(k)|^2. \quad (3)$$

Завдяки перекриванню сегментів даних вдається збільшити число аналізованих підпослідовностей для заданого обсягу вхідної реалізації у порівнянні з іншими способами згладжування. А це приводить до зменшення дисперсії підсумкового СП.

У техніці спектрального аналізу використовується косинусні вагові функції, які описуються кінцевим тригонометричним рядом. Аналіз цих функцій показує, що чим більше членів ряду на межі вікна будуть дорівнювати 0, тим вища швидкість спадання бічних пелюсток. Це є визначальним критерієм під час синтезу вагової функції. Задача синтезу цієї вагової функції полягає в обчисленні коефіцієнтів a_r , які забезпечують максимальну асимптотичну швидкість спадання бічних пелюсток. Крім того, враховуючи подальше оброблення СП з метою знаходження конкретних параметрів Дж, необхідно виконувати нормування коефіцієнтів так, щоб їх сума дорівнювала одиниці.

Висновки

Запропонований метод характеризується високою точністю за рахунок зниження дисперсії оцінювання СП та ефективного подавлення бічних паразитних пелюсток спектра сигналу Дж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Челоян В.А. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2010. № 2. С. 109-114.

2. 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.

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

Негур Андрій Анатолійович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: endrill3@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

Negur Andriy Anatoliyovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: endrill3@gmail.com