

## ЦИФРОВИЙ МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ РАДІОСИГНАЛІВ

**Анотація.** У роботі представлено метод спектрального аналізу радіосигналів на базі попереднього цифрового оброблення масиву вибірок досліджуваного сигналу. При цьому з'являється можливість суттєво підвищити розрізняльну здатність визначення спектральних складових радіосигналів та забезпечити режим функціонування засобів спектрального аналізу радіосигналів в умовно-реальному масштабі часу. Розроблено структуру цифрового аналізатора спектра радіосигналів, який побудовано на базі апаратно-програмної реалізації та характеризується високою частотною роздільною здатністю і мінімальними апаратними затратами.

**Ключові слова:** радіосигнали, цифрове оброблення сигналів, спектральний аналіз, роздільна здатність

**Abstract.** The paper presents a method of spectral analysis of radio signals based on the pre-digital processing of the sample array of the investigated signal. This makes it possible to significantly increase the resolution of determining the spectral components of radio signals and to provide a mode of operation of the means of spectral analysis of radio signals on a relatively real time scale. The structure of the digital radio spectrum analyzer has been developed, which is based on the hardware and software implementation and is characterized by high frequency resolution and minimal hardware costs.

**Keywords:** radio signals, digital signal processing, spectral analysis, resolution

Сучасні цифрові аналізатори спектра базуються на використанні методів цифрового оброблення сигналів, а саме – алгоритмів на базі дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) [1]. Цифрові спектроаналізатори, що використовують ДПФ, характеризуються високою точністю та широкими функціональними можливостями. Разом з тим, при розв'язанні задач, пов'язаних зі спектральним аналізом радіосигналів, роздільна частотна здатність існуючих методів і засобів спектрального аналізу виявляється недостатньою [2].

З метою підвищення частотного розрізнення спектрів радіосигналів пропонується використовувати розбиття вхідної досліджуваної послідовності на ряд сегментів. Для цього вхідний сигнал за допомогою лінійки смугових фільтрів потрібно розділити на вузькосмугові підпослідовності. Операцію вузькосмугової фільтрації можна виконати за допомогою високочастотних

аналогових фільтрів. Але для отримання заданих характеристик досліджуваних сигналів необхідно ускладнювати блоки попереднього оброблення аналізаторів спектра.

Попередня обробка сигналу дає можливість зменшити об'єм оброблюваної вибірки сигналу в  $b$  разів. Спектр отриманої реалізації сигналу знаходиться шляхом виконання дискретного перетворення Фур'є

$$x_i(k) = b \sum_{m=1}^M y_i(m) e^{-j \frac{2\pi mL}{M} W_M^{mk}}. \quad (1)$$

Це перетворення повторюється для кожної з  $n_b$  підпоследовностей радіосигналу. Спектр потужності такого сигналу дорівнює

$$S(k) = \frac{1}{n_b} \sum_{i=1}^{n_b} |x_i(k)|^2. \quad (2)$$

У разі безпосереднього оброблення радіосигналу для оцінювання спектра потужності розрізнявальна здатність по частоті для сталого об'єму вибірки  $N$  дорівнює

$$f_l \geq \frac{2f_M}{N}. \quad (3)$$

Знаходження спектра потужності шляхом розбиття вхідного радіосигналу на ряд підпоследовностей з подальшою їх обробкою дає таку частотну розрізнявальну здатність

$$f_l \geq \frac{2f_M}{bM}. \quad (4)$$

Таким чином, частотна розрізнявальна здатність спектрального аналізу радіосигналів згідно запропонованого методу залежить від обсягу вибірки сформованої підпоследовності даних.

Запропонований метод цифрового аналізу спектрів радіосигналів дає можливість підвищити розділювальну здатність оцінювання частотних складових спектра за рахунок попереднього оброблення досліджуваних сигналів в часовій області без ускладнення буферних запам'ятовуючих пристроїв спектроаналізаторів. Завдяки цьому можлива програмно-апаратна реалізація цифрового спектроаналізатора на основі використання стандартного комп'ютера та недорогої елементної бази загальнотехнічного призначення.

### Література

1. Бортник Г.Г. Методи та засоби первинного цифрового оброблення радіосигналів / Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 168 с.
2. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов / Э. Айфичер, Б. Джервис. – М. : Вильямс, 2004. – 992 с.