

ОЦІНЮВАННЯ ЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ У ПАНОРАМНИХ СИСТЕМАХ РАДІОМОНІТОРИНГУ

У сучасних умовах для ведення радіомоніторингу все частіше використовують панорамні аналізатори спектра. Це зумовлено розширенням смуг роботи радіоелектронних засобів та ускладненням частотно-часової структури сигналів. Основними параметрами сигналів для їх попередньої селекції є несуча частота та ширина спектра (смуги). Для оцінювання частотних параметрів сигналів доцільно використовувати відліки енергетичного спектра.

У результаті оброблення ділянки радіочастотного спектра отримують значення меж частотних каналів та значення спектральних відліків. Причому межі каналів у відліках k_{min} та k_{max} визначено в результаті порогового оброблення на рівні близькому до рівня шуму. Для довжини вікна аналізу N при частоті дискретизації F_s значення оцінки несучої частоти можна отримати за таким виразом:

$$f_0 = F_s (k_{max} + k_{min}) / (2N), \quad (1)$$

а значення ширини спектра розрахувати за такою формулою:

$$\Delta f = F_s (k_{max} - k_{min}) / N. \quad (2)$$

Це найбільш простий на інтуїтивно зрозумілий спосіб отримання оцінок частотних параметрів. У [1] для вимірювання ширини зайнятої смуги частот рекомендовано використовувати метод $\beta\%$ та метод вимірювання "х-дБ". Для застосування першого способу роздільна здатність за частотою повинна бути не гірше 0,03 від ширини спектра сигналу, а відношення сигнал-шум (ВСШ) повинно бути не гірше 30 дБ. Для другого методу обирається опорний рівень, як правило 0 дБ. Метод $\beta\%$ доцільно застосовувати для оцінювання ширини спектра цифрових сигналів при низьких значеннях ВСШ. У випадках наявності перешкод більш прийнятним буде метод "х-дБ". При цьому для отримання надійних оцінок значень ширини смуги спектр сигналу повинен містити 100-200 спектральних відліків [2].

У [3] для оцінювання частотних параметрів сигналів використовують значення спектральної щільності потужності сигналів. З урахуванням значень відліків енергетичного спектра P_{xx} сигналу його центральну частоту запропоновано розраховувати за таким виразом:

$$f_0 = \frac{F_s}{EN} \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} iP_{xx}[i], \quad (3)$$

де E – енергія сигналу.

Відповідно ширину спектра сигналу (ефективну) можна розрахувати таким чином:

$$\Delta f = \frac{F_s}{EN} \sqrt{\sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} i^2 P_{xx}^2 [i]}. \quad (4)$$

Отримані відповідно до виразу (4) оцінки будуть відрізнятися від ширини смуги сигналу на рівні шуму і залежатимуть від форми спектра. Це створює передумови до селекції сигналів із використанням статистик від спектральних відліків.

У ході експериментальних досліджень при аналізі смуги частот 933-953 МГц було встановлено, що отримані за виразами (3) – (4) оцінки значень частотних параметрів мають в середньому (за 20 сигналами) у 2 рази меншу дисперсію, ніж за виразами (1) – (2).

Через мінливість шуму при невисоких значеннях ВСШ кожна реалізація спектра сигналу буде представлена різною кількістю частотних відліків, що призведе до коливань значень частотних параметрів. Тому для отримання надійних оцінок центральної частоти та ширини смуги сигналу необхідно проводити додаткову обробку послідовностей отриманих значень параметрів.

Список використаних джерел

1. Recommendation ITU-R SM. 443 – Bandwidth measurement at monitoring stations.
2. Handbook spectrum monitoring. ITU Radio communication Bureau 2011 678 p.
3. Cook C. E., Bernfeld M. Radar Signals: An Introduction to Theory and Applications. Artech House, Inc.: Norwood, MA, USA, 1993.