

В. С. МОРКУН, Н. В. МОРКУН, доктори техн. наук, професори,
А. А. ШАПІКІНА, Є. Ю. БОБРОВ, аспіранти, Криворізький національний університет

ЧАСТОТНО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ВІБРОАКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

Проаналізовано методи аналізу вимірюваного віброакустичного сигналу бурової установки, що виникає в процесі буріння свердловин. Цей сигнал містить певну інформацію про характер і режим поточного буріння гірської породи, яка може бути виділена у формі відповідних характеристичних ознак у часовій, частотній або частотно-часовій області та використана для діагностики стану технологічного обладнання, визначення фізико-механічних характеристик гірської породи та ідентифікації технолого-мінералогічних різновидів руди в процесах розвідки і експлуатації родовищ корисних копалин.

Частотно-часовий аналіз передбачає дослідження двовимірному сигналу. Окремі методи часового та частотного аналізу здебільшого покладаються на припущення, що не можна виявити локальні особливості в часовій та частотній областях одночасно. Таким чином, такі методи непридатні для аналізу нестационарних сигналів. Під час обробки сигналів, природа яких швидко змінюється з часом, корисно враховувати частотний вміст коротких сегментів сигналу. Це дає змогу сформулювати більш загальний спектр як двовимірну функцію, що залежить не тільки від частоти, але й від положення в часі.

Спектрограма, як основа частотно-часового аналізу, є одним із важливих інструментів технічної діагностики, бо відображає зміни в спектрі потужності сигналу в часі. У разі оцінювання віброакустичного сигналу частотно-часовий аналіз є корисним для вивчення змін його спектральних властивостей через зміну характеристик об'єкта, що контролюється. Графічне представлення спектрограми можна розуміти як високоінтегроване джерело інформації. Наукова та практична цінність такого подання висока порівняно з більш простими формами представлення інформації. Спектрограма може бути виражена як часова послідовність її спектрів потужності, що мають структуру $N/2$ векторів елементів

$$S_{xx}(f_k, j) = [S_{xx}(f_0, j), S_{xx}(f_1, j), \dots, S_{xx}(f_{N/2-1}, j)]$$

Елементи $S_{xx}(f_k, j)$ спектру потужності є середніми значеннями файлів, пов'язаними з j -м моментом часу та k -м компонентом частоти потужності сигналу f_k . Параметр N представляє кількість вибірок у сегменті цього сигналу.

Спектральна густина потужності (PSD) застосована для вимірювання амплітуди коливальних сигналів у даних часового ряду та визначення енергетичної сили частот. Одностороння PSD зі складного спектру обчислюється за виразом

$$\text{PSD}(f) = \frac{2|X(f)|^2}{(t_2 - t_1)},$$

де $t_2 - t_1$ - часовий діапазон, $X(f)$ - комплексний спектр вібрації в часовому діапазоні, $(m/s^2/Hz)$.

PSD віброакустичного сигналу можна обчислити шляхом перетворення авто кореляційної функції чи безпосередньо розрахувати в частотній області із використанням швидкого перетворення Фур'є (FFT), застосовуючи таку формулу

$$\text{PSD} = \frac{(G_{\text{RMS}})^2}{f},$$

де G_{RMS} - середньоквадратичне прискорення на певній частоті.

Із використанням PSD проаналізовані робочі смуги частот, не стикаючись із проблемою зміни ковзання. Слід також зазначити, що визначення цього показника вимагає дуже мало обчислювальної потужності.

Напрямок подальших досліджень є синтез моделі процесу буріння гірської породи залізрудних родовищ, оцінка ефективності різних комбінацій вимірюваних параметрів та обчислювальних алгоритмів, розробка алгоритму оптимізації процесу буріння.