УДК 621.391:519.22

ВЗАЄМОКОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПЕРІОДИЧНО НЕСТАЦІОНАРНИХ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ

Шевчик В.Б.[1], Мацько І.Й.[2], Юзефович Р.М. [3]

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

[1] аспірант; [2] м.н.с.; [3] к.т.н., доцент

При виявленні дефектів обертових механізмів на ранніх стадіях їх розвитку слід використовувати імовірнісні моделі вібраційних сигналів у вигляді періодичного нестаціонарного випадкового процесу (ПНВП) [1]. При такому підході перший етап обробки вібросигналів полягає у їх розділенні на детерміновану та стохастичну складові. Аналіз стохастичної складової, в тому числі характеристик її періодичної нестаціонарності, дає змогу виявляти дефекти на початкових стадіях їх зародження. Періодична нестаціонарність випадкової складової зумовлена стохастичною модуляцією гармонік. Ця модуляція здебільшого не є вузькосмуговою, тому вона не завжди буде проявлятися у пікових значеннях оцінок спектральної густини потужності стаціонарного наближення сигналу. Носіями інформації про типи дефектів обертових вузлів є авто- та взаємокореляційні і відповідні їм спектральні характеристики модулюючих процесів, що проявляються у характеристиках ПНВП – математичних моделях сигналів вібрації. Тому діагностичні ознаки можуть будуватися як на основі оцінок, так і на основі характеристик модулюючих процесів [1-2].

Важливою задачею діагностики є аналіз зв'язаності вібраційних коливань великих стаціонарних агрегатів відібраних у різних точках. Така задача може бути розв'язана на основі моделі сигналів вібрації у вигляді багатомірних періодично нестаціонарних випадкових процесів. Багатомірний аналіз сигналів на її основі дає змогу локалізувати дефекти, визначити їх типи, розділити джерела. Першим етапом цього аналізу є взаємокореляційний. Оцінки взаємокореляційних функцій можуть бути визначені з використанням як когерентного, так і компонентного методів. Перший з них ґрунтується на усереднені відліків реалізації сигналу, відібраних через період корельованості [2], а другий – на формуванні тригонометричного полінома [3]

$$\hat{b}_{\xi\eta}(t,u)=\sum_{k=-N_2}^{N_2}\hat{B}_k^{(\xi\eta)}(u)e^{ik\omega_0 t},$$

при цьому

$$\hat{B}_k^{(\xi\eta)}(u)=\frac{1}{\theta}\int_0^{\theta}\left[\xi(t)-\hat{m}_{\xi}(t)\right]\left[\eta(t+u)-\hat{m}_{\eta}(t+u)\right]e^{-ik\omega_0 t}dt,\quad \omega_0=\frac{2\pi}{T},$$

де

$$\hat{m}_{\xi,\eta}(nh)=\sum_{k=-N_1}^{N_1}\hat{m}_k^{(\xi,\eta)}e^{ik\omega_0 t},\quad \hat{m}_k^{(\xi,\eta)}=\frac{1}{\theta}\int_0^{\theta}\begin{Bmatrix}\xi(nh)\\ \eta(nh)\end{Bmatrix}e^{-ik\omega_0 t}dt.$$

Характерною особливістю компонентних оцінок є те, що вони формуються з урахуванням апріорних відомостей про число гармонічних складових імовірнісних характеристик. Такі відомості можуть бути отримані на основі результатів аналізу фізичних умов породження процесу, а також попереднє використання когерентного методу. Врахування скінченого числа гармонік суттєво покращує ефективність оцінок при швидкому загасанні кореляційних зв'язків при збільшенні зсуву u. При $N_1 \to \infty$ і $N_2 \to \infty$ когерентні і компонентні оцінки збігаються [3]. Властивості неперервних компонентних оцінок взаємокореляційних функцій були проаналізовані в роботі [3]. Такий аналіз дає змогу обґрунтовано вибирати параметри обробки, а саме довжину реалізації і точку усічення корелограми, в залежності від параметрів сигналу, характеристики якого оцінюються. Аналіз дискретних компонентних оцінок, уможливлює дослідження впливу на систематичну і середньоквадратичну похибки оцінювання кроку дискретизації.

Список використаних джерел

1. Яворський І.М., Юзефович Р.М., Кравець І.Б., Мацько І.Й., Стецько І.Г. Методи та засоби ранньої діагностики підшипникових вузлів турбоагрегатів ТЕС // Енергетика та електрифікація. – 2012. – № 8. – С. 58-67.
2. Яворський І.М., Юзефович Р.М., Кравець І.Б., Мацько І.Й. Взаємокореляційний когерентний аналіз періодично корельованих випадкових сигналів // Відбір і обробка інформації. – 2012. – № 36 (112). – С.5-13.
3. Javorskyj, I. Isayev, J. Majewski, R. Yuzefovych. Component covariance analysis for periodically correlated random processes // Signal Processing. – 2010. – 90. – P. 1083-1102.