

СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

Мацько І.Й.¹⁾, Юзефович Р.М.²⁾, Яворський І.М.³⁾

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

¹⁾ к.т.н.; ²⁾ к.т.н., доцент

³⁾ Технологічний-природничий університет, Бидгощ, Польща, д.ф.-м.н., професор

Виникнення дефектів у елементах механічних систем спричиняє нелінійні ефекти у властивостях вібраційних коливань [1]. Такі ефекти приводять як до появи нових гармонік у детермінованій складовій вібрації, так і до взаємодії цієї складової зі стохастичними коливаннями, які зумовлені флуктуаціями товщини та в'язкості змазки, змінами сил тертя, спонтанними й некерованими змінами робочих навантажень і т.п. В результаті вказаної взаємодії порушується строга періодичність детермінованих коливань, вони модулюються за фазою та амплітудою. У багатьох випадках характеристики такої модуляції є важливими носіями інформації про стан того чи іншого об'єкту. Відмічені властивості вібрацій можуть бути адекватно описані математичною моделлю у вигляді періодично корельованих випадкових процесів, які представляються сумою модульованих за амплітудою та фазою гармонік з кратними частотами [2, 3].

Аналізуючи структуру вібраційних сигналів в рамках моделі другого порядку, виникає проблема вибору кроку дискретизації для кореляційної функції, яка є функцією двох змінних – часу t та зсуву u . Дискретизацію по часу проводять у відповідності до найвищої присутньої у спектрі сигналу гармонічної складової, тобто згідно критерію Найквіста [4]. З метою обґрунтованого вибору інтервалу дискретизації по зсуву проводиться аналіз дискретних оцінок кореляційних компонентів, які знаходяться на основі інтегральних сум, що є наближеними значеннями відповідних інтегралів. Дискретизація приводить до збільшення як систематичної, так і випадкової похибок оцінювання, що в значній мірі зумовлено ефектами накладання першого й другого роду. Формули для зміщення й дисперсії в загальному випадку містять додаткові члени, величини яких є одного порядку малості зі значеннями основних. Саме поява нових членів у виразах для зміщення й дисперсії відрізняє вплив дискретизації на властивості оцінок в даному випадку від ефекту накладання у випадку спектрального аналізу стаціонарних сигналів. Отримано умови відсутності ефектів накладання першого й другого роду. Останні не співпадають з умовами теореми про дискретизацію Котельникова-Шеннона. При їх виконанні похибки дискретизації визначаються різницями між інтегралами і відповідними інтегральними сумами, які визначають похибки оцінювання.

Когерентні оцінки кореляційної функції та кореляційних компонентів проаналізовані для амплітудно-модульованих сигналів. Для вибраних апроксимацій авто- та кореляційних функцій модулюючих процесів отримані залежності статистичних характеристик оцінок від довжини відрізка реалізації, кроку дискретизації, а також параметрів сигналів [5]. Проаналізовано на основі таких залежностей вплив нестационарності сигналів на похибки оцінювання. Показано, що середньоквадратичні похибки ростуть зі збільшенням зсуву, і їх апіорі задані величини можуть бути отримані тільки для зсувів, які є меншими від деякої заданої величини u_{\max} – точки усічення корелограми. Така точка усікання може бути обґрунтована, виходячи з розрахунків, проведених для окремих параметрів обробки та параметрів сигналів.

Список використаних джерел

1. Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. – Львів : ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України, 2013. – 802 с.
2. Javorskyj I., Kravets I., Matsko I., Yuzefovych R. Periodically correlated random processes: Application in early diagnostics of mechanical systems // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2017. – 83. – P. 406–438. (dx.doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.06.022).
3. Javors'kyj, V. Mychajlyshyn Probabilistic models and investigation of hidden periodicities // Applied mathematical letters. – 1996. – 9. – P. 21–23.
4. Javors'kyj, I. Matsko, R. Yuzefovych, Z. Zakrzewski Discrete estimators for periodically correlated random processes // Digital signal processing. – 2016. – 53. – P. 25–40.
5. I. Javors'kyj, I. Matsko, R. Yuzefovych et al Coherent covariance analysis of periodically correlated random processes for unknown non-stationary period // Digital signal processing. – 2017. – 65. – P. 27–51.