

ВЛАСТИВОСТІ КОМПОНЕНТІВ ДИСПЕРСІЇ ІМОВІРНІСНОЇ МОДЕЛІ СИГНАЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗБУРЕННЯ РЕЙОК ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Ігор Ісаєв¹ Георгій Трохим¹, Ігор Яворський^{1,2}

¹Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України,

²Інститут Телекомунікації, Технічно-сільськогосподарська академія,
м. Бидгощ, Польща

79601, Україна, Львів, МСП вул. Наукова, 5

телефон: 8 (0322) 63-33-55

факс: 8 (0322) 64-94-27

електронна пошта: isayev@ipm.lviv.ua, george@ipm.lviv.ua, iavor@ipm.lviv.ua

В роботі досліджуються енергетичні властивості дефектоскопічного сигналу від залізничних рейок на основі імовірнісної моделі сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу. Аналізуються вирази для дисперсії та її компонентів розкладу в ряди Фур'є методами нестационарної статистичної обробки.

ВСТУП

Сигнал дефектоскопії формується е.р.с., наведеною в індукційному давачі при скануванні підмагніченої рейки. Значення її як функції шляху виводяться на екран монітора персонального комп'ютера для візуального аналізу оператором. Типовий сигнал-відгук подано на рис.1.

Його періодична структура відповідає відстані між центрами шпал. В роботах [1-2] авторами були запропоновані методи аналізу такого сигналу на базі моделі нестационарних періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) [3]. Перевага нестационарного підходу полягає в можливості опису

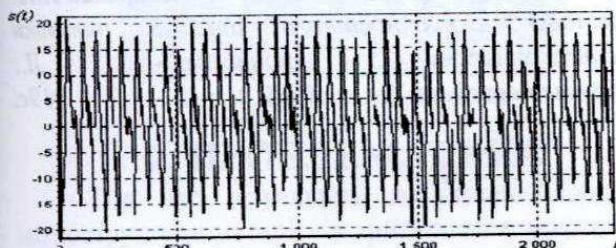


Рис. 1. Фрагмент осцилограми сигналу відгуку «бездефектної» рейки

характеру мінливості процесу не тільки в середньому, а й в межах періоду.

1. СТОХАСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СИГНАЛУ

В роботі [1] було показано, що такий сигнал в ПКВП поданні містить 2 компоненти математичного сподівання та 4 компоненти кореляційної функції. Виходячи з задач швидкісної дефектоскопії було запропоновано замість використання властивостей кореляційної функції та її компонентів обмежитись лише їх значеннями при нульовому зсуві - дисперсією та її компонентами. Амплітуди компонентів дисперсії реального сигналу подані на рис.2.

При наявності в рейці дефекта росте кількість компонентів дисперсії (рис.3). Оскільки сигнали від різних дефектів різняться між собою, різного вигляду набуватимуть амплітуди компонент дисперсії сигналу.

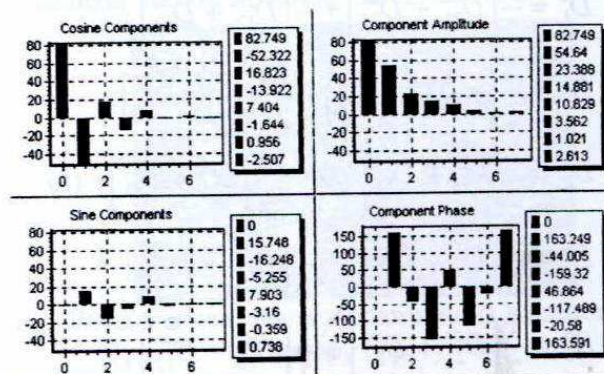


Рис.2. Компоненти дисперсії сигналу від бездефектної рейки.

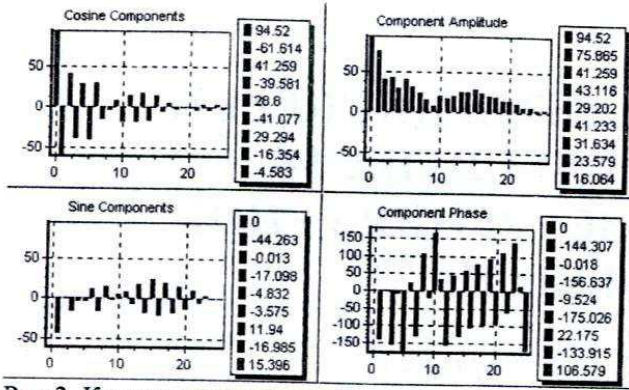


Рис.3. Компоненти дисперсії сигналу від рейки з двома дефектами

2. ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ СИГНАЛУ

В роботі [2] на основі аналізу стохастичних властивостей сигналу та розкладу ПКВП на стаціонарні стаціонарно зв'язані процеси була побудована імовірнісна модель

$$\xi(t) = \eta_1(t)e^{i\omega_0 t} + \eta_2(t)e^{i2\omega_0 t}, \quad (1)$$

де $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$, T - період корельованості, $\eta_1(t)$ та $\eta_2(t)$ - стаціонарні комплексні процеси. Подавши їх через парну та непарну частини

$$\eta_k(t) = \frac{1}{2}[\eta_k^c(t) - i\eta_k^s(t)], \text{ отримаємо}$$

$$\xi(t) = \eta_1^c(t) \cos \omega_0 t + \eta_1^s(t) \sin \omega_0 t + \eta_2^c(t) \cos 2\omega_0 t + \eta_2^s(t) \sin 2\omega_0 t \quad (2)$$

Дисперсія $\xi(t)$ має вигляд:

$$D(t) = D_0 + D_1^c \cos \omega_0 t + D_1^s \sin \omega_0 t + D_2^c \cos 2\omega_0 t + D_2^s \sin 2\omega_0 t + D_3^c \cos 3\omega_0 t + D_3^s \sin 3\omega_0 t + D_4^c \cos 4\omega_0 t + D_4^s \sin 4\omega_0 t,$$

де

$$\left\{ \begin{aligned} D_0 &= \frac{1}{2}[D_{11}^{cc} + D_{11}^{ss}] + \frac{1}{2}[D_{22}^{cc} + D_{22}^{ss}]; \\ D_1^c &= \frac{1}{2}[D_{21}^{cc} + D_{21}^{ss}] + \frac{1}{2}[D_{12}^{cc} + D_{12}^{ss}]; \\ D_1^s &= \frac{1}{2}[-D_{21}^{cs} + D_{21}^{sc}] + \frac{1}{2}[D_{12}^{cs} - D_{12}^{sc}]; \\ D_2^c &= \frac{1}{2}[D_{11}^{cc} - D_{11}^{ss}]; D_2^s = \frac{1}{2}[D_{11}^{cs} + D_{11}^{sc}]; \\ D_3^c &= \frac{1}{2}[D_{21}^{cc} - D_{21}^{ss}] + \frac{1}{2}[D_{12}^{cc} - D_{12}^{ss}]; \\ D_3^s &= \frac{1}{2}[D_{21}^{cs} + D_{21}^{sc}] + \frac{1}{2}[D_{12}^{cs} - D_{12}^{sc}]; \\ D_4^c &= \frac{1}{2}[D_{22}^{cc} - D_{22}^{ss}]; D_4^s = \frac{1}{2}[D_{22}^{cs} + D_{22}^{sc}]. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Значення $D_{l,k}^{c,s}$ є значеннями дисперсій взаємнокореляційних функцій формуючих ПКВП стаціонарних процесів

$$D_{l,k}(u) = \frac{1}{4}[D_{l,k}^{cc}(u) + D_{l,k}^{ss}(u) + i[D_{l,k}^{cs}(u) - D_{l,k}^{sc}(u)]]$$

$$D_{1,1}(u) = \frac{1}{4}[D_{1,1}^{cc}(u) + D_{1,1}^{ss}(u)]$$

$$D_{1,2}(u) = \frac{1}{4}[D_{1,2}^{cc}(u) + D_{1,2}^{ss}(u) + i[D_{1,2}^{cs}(u) - D_{1,2}^{sc}(u)]]$$

$$D_{2,1}(u) = \frac{1}{4}[D_{2,1}^{cc}(u) + D_{2,1}^{ss}(u) + i[D_{2,1}^{cs}(u) - D_{2,1}^{sc}(u)]]$$

$$D_{2,2}(u) = \frac{1}{4}[D_{2,2}^{cc}(u) + D_{2,2}^{ss}(u)]$$

Оскільки значення дисперсії є значеннями відповідних кореляційних функцій при нульовому зсуві і для взаємкореляційних функцій

$$D_{1,2}(0) = D_{2,1}(0), \text{ то звідси маємо:}$$

$$D_{1,2}^{cc}(0) = D_{2,1}^{cc}(0) = D_{2,1}^{cc}; D_{1,2}^{ss}(0) = D_{2,1}^{ss}(0) = D_{2,1}^{ss}$$

$$D_{1,2}^{cs}(0) = D_{2,1}^{cs}(0) = D_{2,1}^{cs}; D_{1,2}^{sc}(0) = D_{2,1}^{sc}(0) = D_{2,1}^{sc}$$

ВИСНОВКИ

Досліджуючи методами ПКВП тонку структуру рейок з дефектами і порівнюючи результати з результатами для "бездефектної" моделі можна розробити методологію пошуку, локалізації і розпізнавання дефектів при швидкісній діагностиці стану рейок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ісаєв І.Ю., Трохим Г.Р. Властивості характеристик сигналів електромагнітного збурення бездефектних залізничних рейок // Матеріали відкритої науково-технічної конференції молодих науковців і спеціалістів «Інженерія поверхні», 22-23 березня 2001 р., С.37-40.
2. Ісаєв І.Ю., Трохим Г.Р. Стохастична структура імовірнісної моделі сигналу електромагнітного збурення "бездефектної" залізничної рейки // Матеріали відкритої науково-технічної конференції молодих науковців і спеціалістів «КМН-2002», Львів 2002, С.114-117.
3. Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский И.Н. "Методы вероятностного анализа ритмики океанологических процессов". - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 319с.