

**СИСТЕМА ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ТЕХНІЧНОГО
ОБ'ЄКТА ЗА СПЕКТРАЛЬНОЮ ЩІЛЬНІСТЮ
ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ**

В. В. Авраменко, доцент;

М. О. Акользіна, студентка,

Сумський державний університет, м. Суми

В запропонованій статті розглянуті приклади практичного використання інтегральної інформаційної оцінки для кількісної оцінки розходження графіків автокореляційних функцій та виявлення періодичних складових.

Ключові слова: спектральна щільність, випадковий процес, інтегральна інформаційна оцінка, кореляційна функція, інформаційна узагальнена характеристика.

В предложенной статье рассматриваются примеры практического использования интегральной информационной оценки для количественного оценивания расхождений графиков автокорреляционных функций и выявления их периодических составляющих.

Ключевые слова: спектральная плотность, случайный процесс, интегральная информационная оценка, корреляционная функция, информационная обобщающая характеристика.

ВСТУП

Відомий широкий клас об'єктів, для яких вихідні процеси мають випадковий характер. Зокрема, багато механізмів під час роботи створюють акустичні або вібраційні випадкові процеси. Випадковий характер цих процесів потребує для їх описання використання статистичних характеристик таких, як математичне очікування, автокореляційна функція (АКФ), дисперсія, спектральна щільність та ін.

Статистичні характеристики випадкових процесів розраховуються для поточного контролю технічного об'єкта. На рис.1 наведені нормовані АКФ шуму редуктора справного і несправного токарних станків ДИП-300 [1].

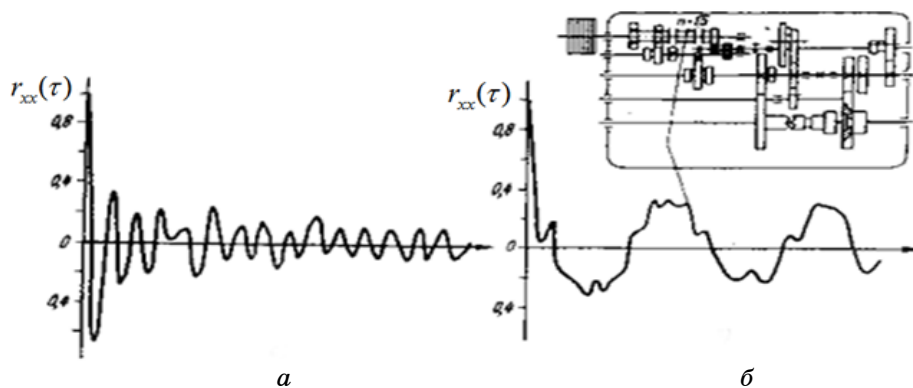


Рисунок 1 – Нормовані АКФ справного та несправного редуктора токарних станків ДИП-300

У нормованій АКФ $r_{xx}(\tau)$ для випадкового процесу $x(t)$ на рис. 1 (б) з'явилася періодична складова з відносно великою амплітудою.

Зіставлення швидкостей обертання різних валів редуктора із частотою коливання дозволило уточнити місце дефекту. Виявилось, що виник великий зазор в одному із підшипників вала реверса.

Але в загальному випадку періодична складова не завжди може бути виділена, особливо коли амплітуда коливання $r_{xx}(t)$ мала.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

У технічній діагностиці широко використовуються як АКФ, так і спектральні щільності, але спектральні щільності знаходять більш широке застосування.

У міру зношення деталей механізму може відбуватися зміна вигляду графіка спектральної щільності. Таким чином, вона стає залежною не тільки від частоти ω , але й від часу t , тобто $s_x^*(\omega)$ стає двовимірною функцією $S_x(\omega, t)$. Крім зміни виду графіка, може відбуватися його переміщення по осі абсцис.

Той факт, що $s_x^*(\omega)$ є двовимірною функцією, ускладнює її аналіз. Дійсно, важко описати зміни, які відбулися із $s_x^*(\omega)$, коли одночасно коливаються значення ординат на різних частотах.

Тому виникає необхідність використати інтегральну оцінку для $s_x^*(\omega)S_x(\omega, t)$, яка б дозволила поставити у відповідність двовимірній функції число. Ця оцінка повинна залежати як від виду графіка $s_x^*(\omega)$, так і від його положення на осі абсцис

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пропонується використати інтегральну оцінку, яка розроблена в [2].

Така оцінка $U_\varepsilon(t)$ для спектральної щільності випадкового процесу $x(t)$ має вигляд

$$U_\varepsilon(t) = \int_{S_n(\omega) > \lambda_n} \frac{1}{|\omega|} \log \frac{S_n(\omega)}{\lambda_n} d\omega, \quad (1)$$

де $S_n(\omega)$ – спектральна щільність процесу;

λ_n – сталий параметр, який має ту саму розмірність, що і $S_n(\omega)$. Фактично λ_n визначає не досліджувану частину в загальному випадку нескінченного графіка $S_n(\omega)$ спектральної щільності.

Ця оцінка є інформаційною. Її розмірність БІТ, ДІТ або НІТ залежно від основи логарифму.

Крім $U_\varepsilon(t)$, оцінити поточний стан об'єкта можна за значенням узагальненої числової характеристики [2], яка розраховується за формулою:

$$v = \frac{H_\varepsilon}{U_\varepsilon} \quad v = \frac{H_\varepsilon}{U_\varepsilon}, \quad (2)$$

де $H_\varepsilon(t)$ – ентропія, яка розраховується за формулі [3]:

$$H_\varepsilon(t) = \int_{S_x(\omega, t) > \lambda_x} \log \frac{S_x(\omega, t)}{\lambda_x} d\omega \quad H_\varepsilon(t) = \int_{S_n(\omega) > \lambda_n} \log \frac{S_n(\omega)}{\lambda_n} d\omega. \quad (3)$$

Нижче наведені приклади використання спектральних щільностей і їх інтегральних оцінок.

Розглянемо об'єкт, в якому у разі виникнення несправності з'являється періодична складова АКФ процесу, що контролюється. Нормована АКФ у цьому випадку має вигляд

$$r_{xx}(\tau) = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau \quad r_x^*(\omega) = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau \quad (4)$$

Оцінка нормованої спектральної щільності має вигляд [4]:

$$S_x(\omega, t) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right\} \cdot s_x^*(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right\} \quad (5)$$

Вид графіка $s_x^*(\omega) S_x(\omega, t)$ залежить від співвідношення параметрів α і β , тобто від того, що має перевагу в кореляційній функції: спадання за законом $e^{-\alpha|\tau|}$ чи коливання за законом $\cos \beta\tau$. При малих β переважають коливання, а при великих β – спадання. У першому випадку випадкова функція близька до періодичних коливань із частотою β із випадковими амплітудою і фазою. Відповідно у спектрі випадкової функції переважають частоти, які близькі до частоти β . У другому випадку спектральний склад випадкової функції більш рівномірний, перевага тих чи інших частот не спостерігається. На рис. 2 приведені графіки $S_x(\omega, t) s_x^*(\omega)$ для випадків:

- 1) $\alpha=2, \beta=1$ (крива 1);
- 2) $\alpha=2, \beta=3$ (крива 2).

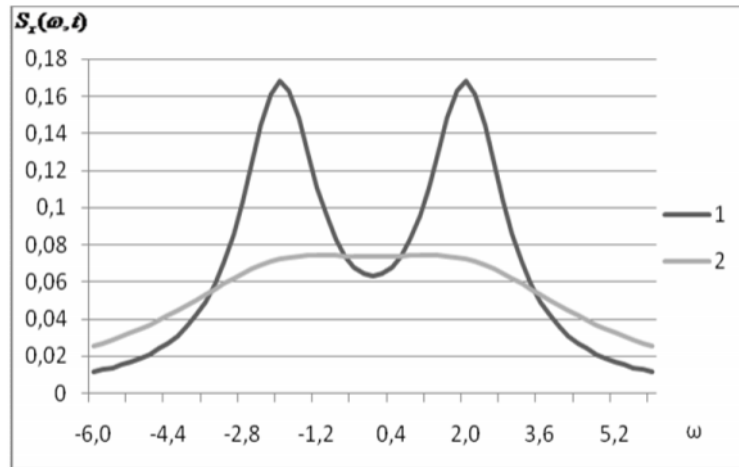


Рисунок 2 – Графіки спектральних щільностей (3)

При $\beta=1$ спектр має яскраво виражений максимум в області частот $\pm \beta$. При $\beta=3$ $S_x(\omega, t)$ в значному діапазоні частот залишається майже постійною. Очевидно, що в цьому випадку немає можливості візуально виявити появу періодичної складової АКФ, коли $\beta \gg \alpha$,

$$(4), (5) \quad U_\varepsilon(t), H_\varepsilon$$

. 3.

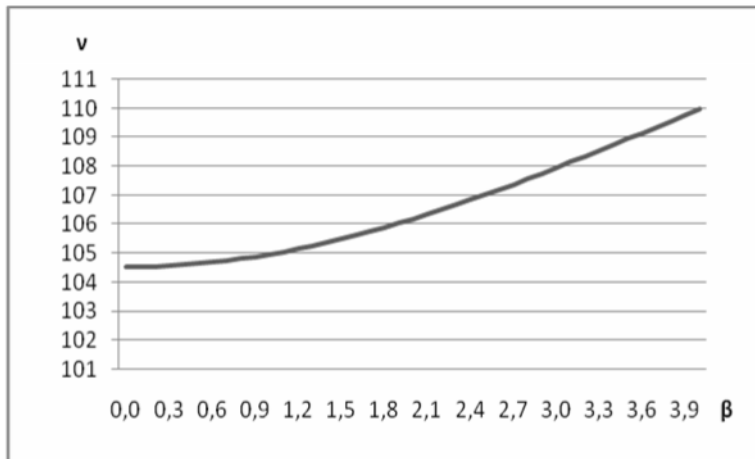


Рисунок 3 – Графік узагальненої числової характеристики

$$v(=0) = 104,5.$$

(1)

(2)

$$0,01, 0,03, 0,06 \quad [1]$$

(.4).

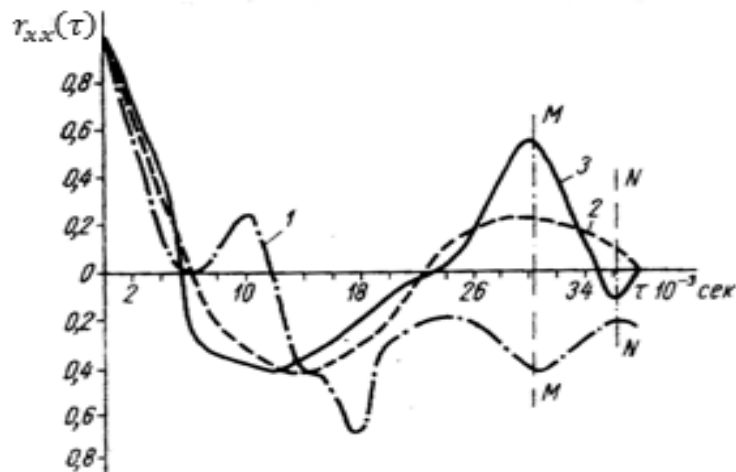


Рисунок 4 - Кореляційні функції розподілу шуму електродвигуна при різних величинах радіального зазору в його підшипниках:
1 – зазор 0,01 мм; 2 – зазор 0,03 мм; 3 – зазор 0,06 мм

$$0,01 \quad 0,06 \quad 5$$

(1), (2), (3).

. 1.

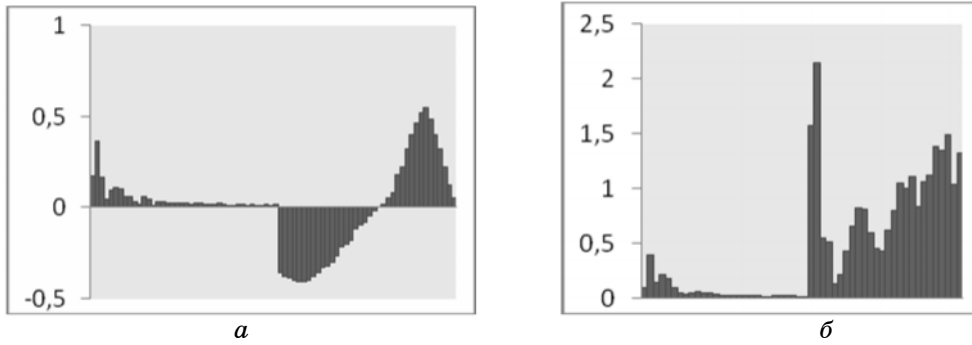


Рисунок 5 - Спектральна щільність 1 (а), 3(б)

Таблиця 1 – Обчислювані оцінки

ϵ	U_ϵ	H_ϵ	
0,01	9,852380	174,161109	17,677060
0,03	9,095690	123,418669	13,568918
0,06	9,220998	123,896729	13,436369

(1)

(2)

SUMMARY

THE CURRENT CONTROL SYSTEM OF TECHNICAL OBJECT STATE BY SPECTRAL DENSITY OF RANDOM PROCESS

V.V. Avramenko, M.O. Akolzina
Sumy State University, Sumy

In the proposed article the quantitative estimation problem of spectral density graph differences of random process and finding of periodic components by using integrated informational estimation is examined.

Key words: spectral density, random process, integrated estimation, function of correlation.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ... / ... - ...
2. ... , 1966. – 150 .
... // ... - 1996. –
2(6). – . 94-98.
3. ... / ... , 1975. – . 38-41.
4. ... / ... - ... , 2010. – 664 .

Надійшла до редакції 20 грудня 2012 р.