

УДК 621.314:621.393.66

Г. Трохим¹, к.т.н., О. Личак¹, к.т.н., ст. досл., Р. Юзефович^{1,2}, д.т.н., доц.,
І. Яворський^{1,3}, д.ф.-м.н., проф., Р. Слєпко¹, асп.

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

² Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

³ Бидгощська політехніка, Бидгощ, Польща

МОДЕЛЬ СТОХАСТИЧНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПІДШИПНИКІВ

G. Trokhym¹, Ph.D., O. Lychak¹, Ph.D., Senior Researcher, R. Yuzefovych^{1,2}, Dr.Sci.,
Assoc. Prof., I. Javorskyj^{1,3}, Dr.Sci., Prof., R. Slyepko¹, Ph.D. student

¹ Karpenko Physico-Mechanical Institute of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

² Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

³ UTP University of Sciences and Technology, Bydgoszcz, Poland

MODEL OF STOCHASTIC MODULATION VIBRATIONC SIGNALS FOR BEARING DEFECT DETECTION

Abstract. When studying the amplitude and phase spectra of the deterministic component of vibration signals and their relations with the defects of the investigated mechanisms, the frequency distribution of the modulation features of the defects was observed. The expediency of dividing the frequency range of the signal for the used modulation models of stochastic vibroacoustic oscillations was analyzed.

У процесі розроблення теоретичних основ діагностування механізмів на основі статистичного аналізу стохастичних процесів існує потреба у попередньому аналізі структури вібраційного сигналу для виявлення прихованої періодичності першого і другого порядків, дослідження прояву структури детермінованих коливань в амплітудному і фазовому спектрах та їх зв'язку з дефектами досліджуваних елементів. При цьому використовувались методи аналізу стаціонарних випадкових процесів, а кореляційна структура сигналу досліджувалась когерентним та компонентним методами [1].

Стан об'єкта, зазвичай, описують сукупністю параметрів використовуючи їх залежність від низки процесів. Вібрація, що викликана роботою складного механізму чи окремих його частин, також може бути таким сигналом. Механічні коливання в механізмі породжуються в основному незбалансованістю його рухомих частин. Такі коливання характеризуються низькими частотами, порівняно великими амплітудами переміщення та малими прискореннями. Характерною рисою цього виду коливань є залежність частоти вібрацій від швидкісного режиму об'єкта. Амплітуда таких вібрацій пропорційна квадратові кутової швидкості обертання валу і залежить від маси об'єкта та жорсткості його кріплення до фундаменту [2]. Ще одним джерелом коливань механізму можуть бути взаємні удари його деталей. Вони характеризуються високими частотами, малими амплітудами зміщення та значними прискореннями. Їхні частоти визначаються розмірами, формою та пружними константами матеріалів деталей. Їх амплітуда пропорційна взаємній швидкості ударів деталей.

Внаслідок складності вібраційних процесів, домінуючим підходом до їх аналізу та діагностики механізмів є розбиття спектру вібраційного сигналу на відповідні піддіапазони та окремий аналіз у кожному з них [3]:

–низьких частот (від 0 до 200–300 Гц);

- середніх частот (від 200-300 Гц до 1–2 кГц);
- високих частот (від 1–2 кГц до 10–20 кГц);
- надвисоких частот (від 10–20 кГц до 100–500 кГц).

Такий поділ корисний тим, що кожному піддіапазону властиві певні збуджуючі сили та відповідна фізична модель машини як коливної пружної системи. Таким чином, параметри вібраційного сигналу можна описати моделлю у вигляді суми амплітудно- та фазо- модульованих гармонік з кратними частотами періодично корельованого випадкового процесу [3, 4]:

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} \xi_k(t) e^{ik\omega_0 t},$$

де $\xi_k(t)$ – стаціонарно зв’язані випадкові модулюючі процеси, $\omega_0 = 2\pi/T$ основна частота, T – період нестационарності. Кореляційна функція та спектральна густина сигналу є чутливими до розвитку дефектів. При дефекті від періодичних ударів росте потужність детермінованих коливань і розширюється їх амплітудний спектр. Показники нестационарності першого і другого порядків дозволяють діагностувати локальні дефекти у підшипниковому вузлі [5, 6].

Література.

1. Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. – Львів : Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – 802 с.
2. Костюков В.Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: учеб. пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 360 с.
3. Костюков В.Н. Обобщенная диагностическая модель виброакустического сигнала объектов периодического действия [Текст] / В.Н. Костюков // Омский науч. вестн. – 1999. – Вып. 6. – С. 37–41.
4. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Matsko I. , Semenov P. Evaluation of the mechanism damage using model of vibration signal as a periodically correlated random process // Procedia Structural Integrity. – 2022. – 36. – P. 122–129.
5. Юзефович Р.М. Застосування спеціалізованого пристрою неруйнівного контролю для аналізу вібраційних сигналів підшипникових вузлів методами взаємного нестационарного аналізу / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.Ю. Дзерин, Г.Р. Трохим, І.Г. Стецько, І. Й. Мацько // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2020. – № 1. – С. 17–27.
6. Яворський І.М. Методи та засоби ранньої вібродіагностики підшипникових вузлів обертових механізмів / І.М. Яворський, Р.М. Юзефович, О.В. Личак, М.З. Варивода, І.Г. Стецько // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2021. – № 2. – С. 30–37.