

$$\dot{\xi}_k(t) = \xi_k(t) - m_k.$$

Таким чином, діагностувати появу тріщин у стержні вже на ранніх стадіях розвитку можна виділивши у характеристиках (2)–(3) ті складові, що зумовлюють їх появу. Нелінійність, яка виникає в результаті появи тріщини, призводить не тільки до появи нових гармонік детермінованої складової, а й до її взаємодії зі стохастичною складовою. Така взаємодія може бути кількісно охарактеризована за допомогою кореляційних компонентів [6].

Список використаних джерел

1. Бересневич В. И. Сопоставительный анализ математических моделей усталостной трещины // Вестник научно-технического развития. – 2009. – № 12 (28). – С. 12–19.
2. Цыфанский С. Л., Магоне М. А., Ожиганов В. М. Об использовании нелинейных эффектов для обнаружения трещин в стержневых элементах конструкций // Дефектоскопия. – 1985. – № 3. – С. 77–82.
3. Матвеев В. В. К анализу эффективности метода спектральной вибродиагностики усталостного повреждения элементов конструкций. Сообщ. 1. Продольные колебания, аналитическое решение // Пробл. прочности. – 1997. – № 6. – С. 5–20.
4. Бовсуновский А. П., Бовсуновский О. А. Использование нелинейных резонансов для диагностики закрывающихся трещин в стержневых элементах // Пробл. прочности. – 2010. – № 3. – С. 125–141.
5. Імовірнісна структура сигналів вібрації тіла з тріщиною / І. М. Яворський, І. Б. Кравець, І. Й. Мацько, Р. М. Юзефович // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2011. – № 45. – С. 452–459.
6. Component covariance analysis for periodically correlated random processes / I. Javorskyj, I. Isayev, J. Majewski, R. Yuzefovych // Signal Processing. – 2010. – Vol. 90. – P. 1083–1102.

УДК 621.391:519.22

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРУ ВІБРУЮЧОЇ РАМКИ ЗІ СТРУМОМ

Трохим Г.Р.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, к.т.н.

Порівняно з традиційними контактними методами вибродіагностики, застосування безконтактних електромагнітних методів вимагає враховувати деякі особливості та специфічні вимоги. Ці вимоги обумовлені як рівнем електромагнітних завад, так і конструктивними особливостями самих контрольованих об'єктів.

Для імітації джерела електромагнітного випромінювання було використано багатовиткову індукційну рамку, а джерела вібрації – електродинамічний гучномовець типу ЗГД-36Е. Рамку прикріплено до текстолітового стержня, другий кінець якого приклеєний до дифузора гучномовця. Магнітоприймачем служив стрижневий індукційний давач з багатосекційною обмоткою [1]. Для вирівнювання амплітудночастотної характеристики перетворення магнітоприймача його вихід зашунтовано низькоомним резистором. Для вводу сигналу з магнітоприймача в комп'ютер застосовано його стандартний аудіо вхід.

В проведеному досліді випромінююча рамка збуджувалась синусоїдою частотою 3000 Гц, а вібратор – 70 Гц. Магнітоприймач та вібратор розміщено на звукопоглинаючих підставках для усунення прямого вібраційного впливу вібратора на давач. Взаємне їх розміщення та просторове рознесення вибиралось з умови перевищення сигналом на виході магнітоприймача електромагнітних шумів лабораторії (рис. 1).

Коли джерело змінного магнітного поля під впливом вібрації змінює орієнтацію відносно осей чутливості магнітоприймача, то його складові в точці прийому виявляються промодульованими функцією, що описує такі зміни. Нехай по одній з осей XOZ розташований індукційний магнітоприймач (ІМ), в якому індукується е.р.с. пропорційна зміні індукції магнітного поля

$$\varepsilon_{x(z)} = -G \frac{dB_{x(z)}}{dt}, \text{ де } G - \text{ коефіцієнт перетворення ІМ.}$$

Відповідно і частотний спектр е.р.с. ІМ відповідає спектру амплітудно-модульованого сигналу

$$\varepsilon_x = -G\omega_c B \left[\cos \alpha \cdot \cos \omega_c t \pm \frac{\psi}{2} \cdot \frac{\omega_c \pm \Omega}{\omega_c} \sin \alpha \sin(\omega_c \pm \Omega)t \pm \frac{\psi^2}{8} \cdot \frac{\omega_c \pm 2\Omega}{\omega_c} \cos \alpha \cos(\omega_c \pm 2\Omega)t \pm \dots \right], \text{ де } \omega_c -$$

несуча частота випромінювання, Ω – частота вібрації [2].

Характерними особливостями цього нескінченного спектра є те, що комбінаційні частоти групуються довколо частоти сигналу та попарна асиметричність амплітуд складових комбінаційних частот. Їх відносна асиметрія становить $2n \frac{\Omega}{\omega}$, де n – номер гармоніки вібрації.

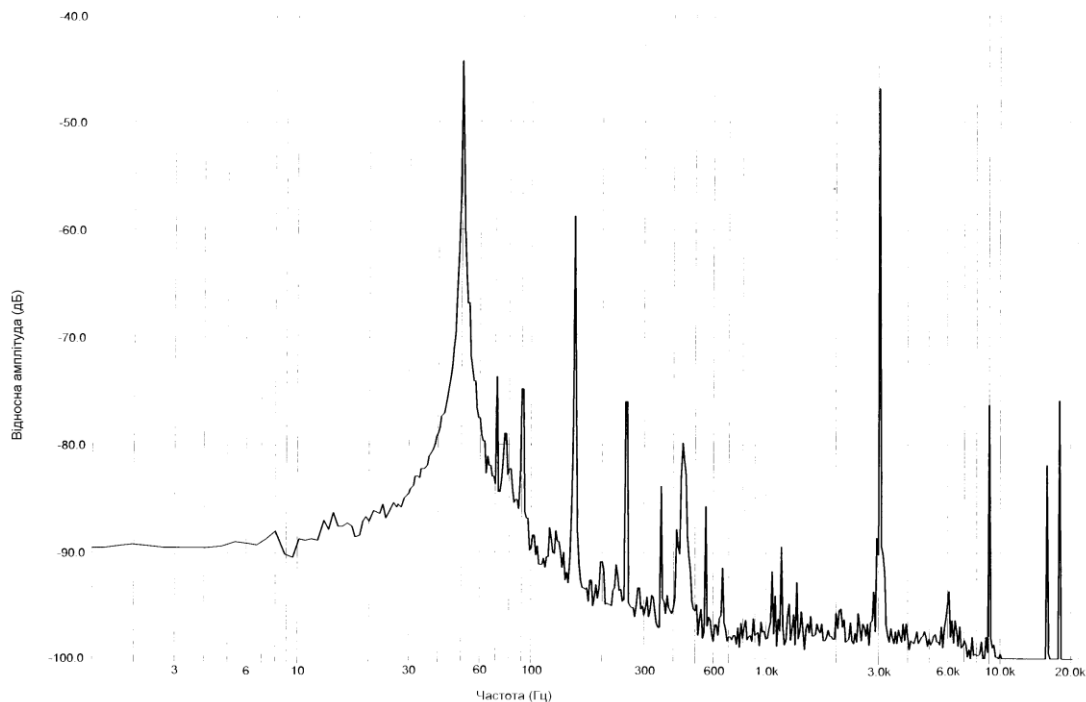


Рисунок 1 - Електромагнітний фон в місці встановлення ІІІ

З рис. 2 видно, що в околі частоти збудження рамки з'явилися дві бокові гармоніки (різницева 2930 Гц та сумарна з частотою вібрації 3070 Гц). Отриманий спектр ідентифікувався в реальному часі спостереженням відповідності змін амплітуд спектральних складових змін вихідних сигналів генераторів збудження вібратора та рамки. На спектрі присутні також гармоніки з частотою мережі але від амплітуди основної частоти збудження рамки та вібратора вони не залежать.

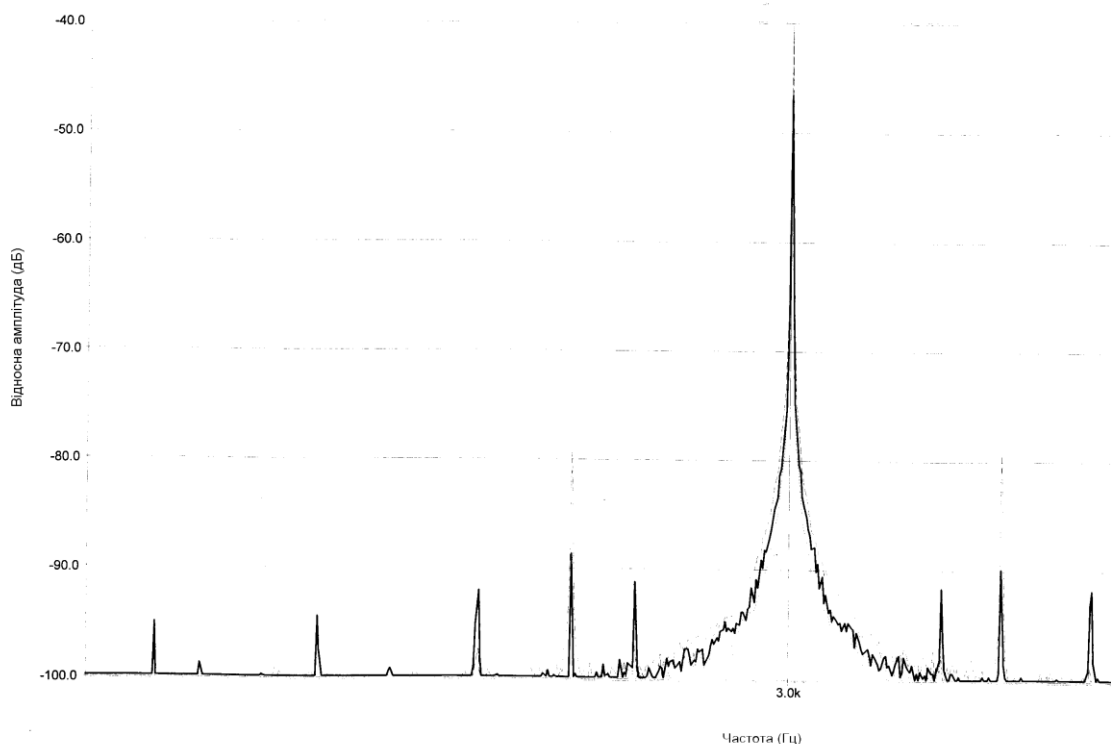


Рисунок 2 - Спектр в околі основної частоти випромінювання рамки

Під час проведення досліджень виявлено збагачення вихідного спектру додатковими гармоніками, що відповідають боковим гармонічним амплітудної модуляції з частотою вібрації основної частоти випромінювання. Зміна амплітуди вібрації впливає на рівень бокових складових, не змінюючи рівня несучої. Зміна рівня несучої приводить до відповідної зміни бокових модуляційних гармонік.

Проведене дослідження показало принципову можливість передачі інформації про низькочастотну вібрацію в високочастотну частину спектру на рівні вимірювального перетворювача та відповідний їй безконтактний відбір засобами моніторингу електромагнітних полів.

Список використаних джерел

1. V.Nichoga, P.Dub, G.Trokhym, V.Shabelnikov. Measuring Devices for Investigation of Electromagnetic Fields Distribution on the "Mir" Space Station Board // International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, Torino, Italy, 1997, Proceedings of Papers, vol.1, pp.287-290.
2. Брискин А.М., Дуб П.Б., Ницого В.А. Динамические помехи в индуктивной электроразведке. - Геофиз. аппаратура, 1998, вып. 101, с. 9-15.

УДК 621.391:519.22

ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНОК КОРЕЛЯЦІЙНИХ ІНВАРІАНТІВ ВЕКТОРНИХ ПЕРІОДИЧНО НЕСТАЦІОНАРНИХ ВІБРАЦІЙНИХ 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⁾ к.т.н.; ³⁾ к.т.н., доцент

Поява дефектів в елементах механічних конструкцій [1, 2] приводить до взаємодії детермінованої та стохастичної складових вібраційного сигналу, яка виявляється в модуляції його гармонічних складових. Властивості такої модуляції описуються імовірнісними характеристиками періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП). Використання характеристик другого порядку ПКВП дає можливість виявляти дефекти механізмів вже на ранніх стадіях розвитку [3]. Виходячи з цього, складові вектора $\xi(t) = i\xi_1(t) + k\xi_2(t)$ будемо розглядати як ПКВП. Математичне сподівання векторного ПКВП є періодичним вектором [4]:

$$\mathbf{m}_\xi(t) = E\xi(t) = i\mathbf{m}_{\xi_1}(t) + k\mathbf{m}_{\xi_2}(t) = \mathbf{m}_\xi(t+T),$$

кореляційна функція $\mathbf{b}_\xi(t,u) = E\overset{\circ}{\xi}(t) \otimes \overset{\circ}{\xi}(t+u)$, де $\overset{\circ}{\xi}(t) = \xi(t) - \mathbf{m}_\xi(t)$, а \otimes – знак тензорного добутку, є періодичною за часом тензорною функцією $\mathbf{b}_\xi(t,u) = \mathbf{b}_\xi(t+T,u)$, матричне подання якої має вигляд

$$\mathbf{b}_\xi(t,u) = \begin{bmatrix} b_{\xi_1}(t,u) & b_{\xi_2\xi_1}(t,u) \\ b_{\xi_1\xi_2}(t,u) & b_{\xi_2}(t,u) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Елементи матриці (1) залежать від вибору системи координат. Проте існують такі величини на цих елементах, які при переході від одної системи координат до іншої залишаються незмінними. Їх називають кореляційними інваріантами. Передусім, це лінійні інваріанти $I_1(t,u)$ і $D(t,u)$, які не пов'язані з орієнтацією власного базису тензора $\mathbf{b}_\xi(t,u)$. Перший характеризує властивості колінеарних змін випадкового вектора $\xi(t)$, а другий – властивості ортогональних змін, його називають індикатором обертання. Квадратичний інваріант $I_2(t,u)$ є визначником симетричної частини тензора (1), а інваріанти $\lambda_{1,2}(t,u)$ є її власними значеннями і визначають значення кореляційної функції за напрямками власного базису тензора (1).

Розглянемо оцінки величин $I_1(t,u)$ і $D(t,u)$, які характеризують в інваріантній формі, відповідно, властивості авто- та взаємкореляційних функцій випадкових складових векторного ПКВП, і тут необхідні обчислення можуть бути проведені до отримання практично важливих формул.

Оцінки інваріантів сформуємо, виходячи з формул, які їх визначають