

УДК 621.391:519.72

ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ МЕТОДАМИ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Трохим Г.Р.¹, Юзефович Р.М.^{1,2}, Личак О.В.¹, Варивода М.З.¹, Бойко М.В.², Лисенко О.М.^{3,4}

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

2 – Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна,

3 – КПІ ім. Горького, м. Київ, Україна,

4 – ТОВ «Інформаційні технології САПР», м. Київ, Україна

Анотація: Запропонована методика вибору частотних діапазонів загального спектру вібраційних сигналів та довжини їх часових реалізацій для детектування складових періодично корельованих складових сигналу від підшипника кочення.

Ключові слова: періодично корельований випадковий процес; вібраційний сигнал; підшипники кочення

Методи вібродіагностики підшипників кочення вимагають складної обробки вібраційних сигналів та коректної фізичної інтерпретації її результатів. З появою дефектів в елементах підшипника кочення змінюється структура вібраційного сигналу, а його спектральні характеристики зв'язані з геометричними розмірами складових частин підшипника, частотою обертання та типами і параметрами дефектів. У такому випадку обробка вібраційного сигналу полягає у його фільтруванні для виділення з нього вузького діапазону частот і детектуванні результуючого сигналу з подальшим виділенням огинаючої для спектрального аналізу вже в низькочастотному діапазоні.

Технічний стан підшипників кочення оцінюють на основі аналізу співвідношення амплітуд гармонік, що відповідають частотам складових його елементів. Водночас, значення віброприскорення, отримане після вузькосмугової фільтрації такого сигналу, відображає в основному тільки модуляцію окремих гармонік сигналу.

При практичному використанні методу виникають такі задачі:

- вибір області загального спектру вібраційного сигналу для аналізу;
- вибір центральної частоти і параметрів смуги фільтрування;
- розрахунок частот обертання складових елементів підшипника;
- розрахунок частот взаємодії складових елементів підшипника з дефектом;
- вибір способу детектування, частоти дискретизації та довжини реалізації;
- визначення відповідності рівнів модуляції до типу і ступеня розвитку виникаючих дефектів;

Частотну область для аналізу вибирають виходячи з практичного досвіду роботи з конкретним об'єктом та відомим ступенем зношення підшипників кочення. Під час діагностування буксових підшипників кочення рухомого складу залізниці виділялися робочі діапазони частот 3–5 кГц [1] та 6–10 кГц [2]. Метод діагностики стану буксових підшипників за допомогою спектрів огинаючої вібраційних сигналів отримав максимальну реалізацію на практиці завдяки явищу переносу спектру в область високих частот. Оскільки, дефекти при зародженні проявляються на високих (вище 3–5 кГц), середніх (від 0,5–1,0 кГц до 3–5 кГц) та низьких (до 0,5–1,0 кГц) частотах [3], то для оцінювання технічного стану підшипникового вузла потрібно проаналізувати всі вказані діапазони. При цьому слід враховувати, що визначенню залишкового ресурсу перешкоджає немонотонність росту вібраційних ознак з часом і навантаженням. Зокрема, на деякому етапі росту дефекта на зовнішньому кільці рівень модуляції зменшується при розростанні дефекту. Фізично таке явище можна пояснити перерозподілом навантаження між елементами в підшипнику кочення. Через деякий проміжок часу пропорційність модуляції відновлюється, однак сумарний період від

зародження дефекту до цього моменту може складати половину всього періоду роботи до руйнування через цей дефект.

Вибір центральної частоти та параметрів смуги фільтрації здійснюють виходячи з визначених діапазонів частот та рівнів підшипникових гармонік в наявному сигналі. Вибір частоти дискретизації та довжини вибірки пов'язані з конкретними фізичними параметрами об'єкта діагностики, зокрема з можливою зміною частоти обертання, стабільністю частоти обертання, тривалістю зникання збуджених ударами дефектної зони коливань та можливістю відлаштуватись від існуючих в працюючому механізмі завад при відборі вібраційного сигналу.

Для спрощення цієї багатофакторної задачі доцільно використовувати найпростішу модель, яка описує стохастичну повторюваність циклічних навантажень у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (ПКВП) [4]. Взаємодія повторюваності з випадковістю тоді описується амплітудною та фазовою стохастичними модуляціями окремих гармонічних складових, що відповідають частотам обертання складових елементів підшипника. Математичне сподівання ПКВП описує регулярні циклічні навантаження, їх форма відображена в його гармонічних складових. Дисперсія описує періодичну в часі потужність флуктуаційних навантажень, а кореляційна функція – періодичні в часі пов'язання їх значень.

Diagnostication of rollings bearnings by methods of periodically correlated random processes

Georgii Trokhym¹, Roman Yuzefovych, Oleh Lychak¹, Mykola Varyvoda¹, Myhajlo Bojko, Lysenko Oleg

***Abstract.** Methodology for selection of a spectral bands in vibration signal and length of signal realization for detection of periodically correlated components of random signal, responsible for defects in rolling bearing was presented.*

***Keywords:** periodically correlated random processes, vibration signal, rolling bearings*

Диагностика подшипников качения методами периодически коррелированных случайных процессов

Трохим Г.Р., Юзефович Р.М., Личак О.В., Варивода Н.З., Бойко М.В., Лисенко О.Н.

***Аннотация.** Предложена методика выбора частотных диапазонов общего спектра вибрационных сигналов и длины их временных реализаций для детектирования составляющих периодически коррелированных составляющих сигнала от подшипника качения.*

***Ключевые слова:** периодически коррелированный случайный процесс, вибрационный сигнал; подшипники качения*

Список літератури

1. Альфредсон М. Применение вибрационного анализа для контроля технического состояния подшипников качения / Мэтью Альфредсон // Тр. амер. общ-ва инж. Конструирование и технология машиностроения. – 1984. – Т. 106. – № 3.
2. Борзилов І.Д. Визначення діагностичних ознак технічного стану елементів підшипників качення буксових вузлів рухомого складу / І. Д. Борзилов, В. Г. Равлюк // 36. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. 15. – С. 100–105.
3. Барков А.В., Баркова Н.А., Федорищев Б.В. Вибрационная диагностика колесно-редукторных блоков на железнодорожном транспорте. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2002. – 101 с.
4. Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. – Львів: ФМІ НАН України, 2013. – 802 с.