



УДК 631.372

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ВІБРОАКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ПІДШИПНИКІВ АКСІАЛЬНО-ПЛУНЖЕРНИХ НАСОСІВ

О.М. КИРИЧЕНКО,

аспірант НУБіП України, м. Київ, Україна

Науковий керівник: Войтюк В.Д., кандидат технічних наук

В роботі розглянуто особливості методів аналізу віброакустичних сигналів, спрямованих на виявлення й ідентифікацію несправностей підшипникових вузлів аксіально-плунжерних насосів. Наведені особливості застосування та виділено переваги і недоліки даних методів.

Ключові слова: вібрація, підшипник кочення, спектр сигналу, амплітудні сплески, модулюючий сигнал, гармонічні коливання.

Підшипники кочення є найпоширенішим елементом конструкції будь-якого роторного механізму й у той же час найбільш вразливим елементом [1]. Підшипники кочення здійснюють просторову фіксацію валу, тому сприймають частину статичних і динамічних зусиль, що виникають під час роботи насосу. Вібродіагностика підшипників кочення є наочною ілюстрацією того, як можна діагностувати один і той самі вузол різними методами, що ґрунтуються на різних вібраційних процесах, які генеруються дефектами цього вузла [1, 2]. Найпростішою і найдешевшою технологією вібродіагностики є періодичний контроль інтенсивності вібрації аксіально-плунжерного насосу, найпростішими переносними віброметрами. При цьому діагностичними ознаками дефектів є рівень інтенсивності вібрації. Труднощі діагностування при цьому полягають у тому, що не існує надійних ознак для ідентифікації конкретних дефектів, окрім того, у ряді випадків при істотному зростанні деякої діагностичної інформативної гармоніки вібрації загальний рівень інтенсивності вібрації може змінюватися несуттєво. У той же час за рівнем вібрації та зростанням її в часі у більшості випадків можна досить надійно кваліфікувати стан підшипників, які можуть бути як справним, так і несправним [3].

Мета дослідження. Розглянути задачі та особливості методів аналізу вібродіагностичних сигналів, спрямованих на виявлення й ідентифікацію несправностей підшипникових вузлів аксіально-плунжерних насосів, а також виділити переваги та недоліки методів, що розглядаються.

Результати досліджень. Для оцінки технічного стану аксіально-плунжерних насосів використовуються такі методи аналізу сигналів[4]: метод прямого спектра, метод спектра обвідної та метод ударних імпульсів.



Нижче коротко викладено фізичний зміст отримання вібродіагностичних параметрів кожним із зазначених методів.

Метод прямого спектра.

Якщо встановити акселерометр поблизу зовнішнього кільця (на корпусній деталі яка має безпосередній контакт із підшипником) справного, добре змазаного підшипника і подивитися на отриманий сигнал на осцилографі, ми побачимо стаціонарний двополярний сигнал шумового характеру, симетричний щодо тимчасової осі, як це приблизно показано на рис. 1, а.

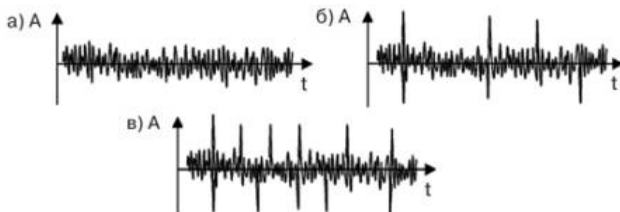


Рис. 1. Вигляд часового сигналу вібрації підшипника кочення

Сигнали вібрації підшипника, що показані на рис.1 аналізуємо з точки зору періодичності появи амплітудних сплесків. Саме на цьому і базується метод прямого спектра (рис. 2). Вібраційний сигнал аналізується вузькосмуговим спектроаналізатором, і за частотним складом спектра можна ідентифікувати виникнення і розвиток дефектів підшипників кочення. Амплітудні сплески у вібросигналі впливають не хаотично, а з цілком певною періодичністю або частотою. Причому дефекту на кожному з елементів підшипника (тіла кочення, доріжки, сепаратора) відповідають свої частоти, які однозначно прораховуються залежно від кінематики підшипника та швидкості його обертання. Наявність тієї або іншої дискретної складової у спектрі сигналу говорить про виникнення відповідного дефекту підшипника, а амплітуда цієї складової – про глибину дефекту [3].

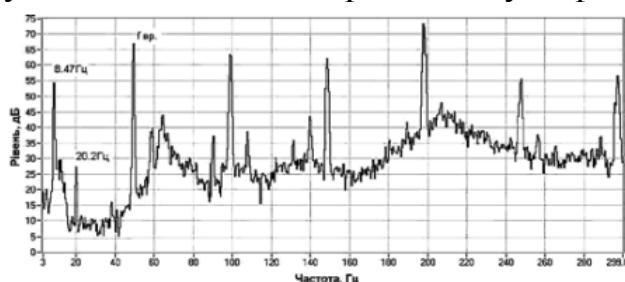


Рис. 2 Прямий спектр вібрації

Очевидно, що основних переваг у методу дві:

- достатньо висока заводозахисненість (малоймовірна наявність у насосі джерел, що створюють вібрації на тих саме частотах, що й дефекти підшипника);
- висока інформативність методу за рахунок можливості одержати диференційовану оцінку стану підшипника окремо за кожним його кінематичним вузлом, оскільки вони генерують різні частотні ряди у спектрі.



Недоліків, на жаль, теж, як мінімум, два:

- метод дорогий, будь-який найпростіший вузькосмуговий спектроаналізатор коштує значно дорожче найсучаснішого віброметра;
- метод малочутливий до слабких дефектів, а також до таких, що зароджуються. Це пов'язане із тим, що підшипник є дуже малопотужним джерелом вібрації [4]. Незважаючи на ці недоліки, метод використовується досить широко і дає помітні результати.

Метод спектра обвідної.

Вихідний вібросигнал залишається той самий, тому повернемося ще раз до рис. 1. Звернемо увагу на те, що високочастотна, шумова частина сигналу змінює свою амплітуду в часі, тобто вона модулюється якимось більш низькочастотним сигналом. Виявляється, що саме у цьому модулюючому сигналі міститься й інформація про стан підшипника. Виділення й оброблення цієї інформації і становлять основу цього методу. Експериментально було встановлено, що найкращі результати цей метод дає у тому випадку, якщо аналізувати модуляцію не широкосмугового сигналу, який ми отримуємо від акселерометра, а попередньо здійснити смугову фільтрацію вібросигналу в діапазоні приблизно 6-10 кГц й аналізувати модуляцію цього сигналу. Для цього відфільтрований сигнал детектується, тобто виділяється модулюючий сигнал (або ще його називають «обвідна сигналу»), що подається на вузькосмуговий спектроаналізатор, і ми отримуємо спектр модулюючого сигналу, або спектр обвідної [4], що, в свою чергу, дало назву цьому методу. Описана послідовність обробки сигналу представлена для наочності на рис. 3.

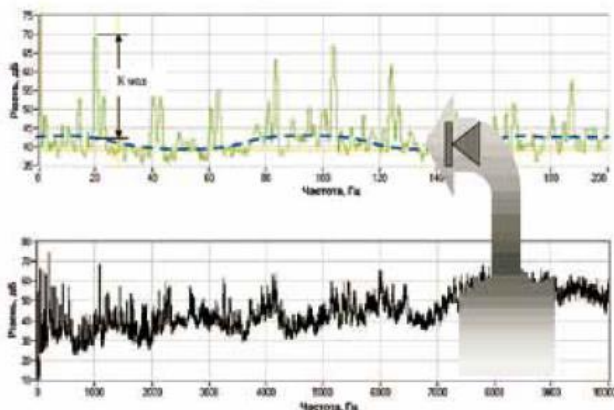


Рис. 3. Обробка сигналу за методом обвідної

Видно, що обробка сигналу є досить складною, але сам результат вартий того. Справа в тому, що, як уже зазначалося раніше, невеликі дефекти підшипника не можуть викликати помітні вібрації в області низьких і середніх частот, що генеруються підшипником. У той же час для модуляції високочастотних вібраційних шумів енергії виникаючих ударів виявляється цілком достатньо, тобто цей метод має дуже високу чутливість.

Переваги даного методу – висока чутливість, інформативність і захищеність від завад.



Основний недолік – висока вартість і складність реалізації. Як правило, алгоритм обробки й аналізу реалізується з використанням комп'ютерної техніки.

Метод ударних імпульсів.

Звернемося ще раз до рис. 1, правда, цього разу для того, щоб сказати, що не все, що пов'язане з дефектами підшипника, ми можемо побачити на цьому рисунку. Там показані вібросигнали з типового акселерометра, що працює в діапазоні від часток Гц до 10-20 кГц. Але підшипник, що працює, генерує і більш високочастотні вібраційні процеси, які є предметом нашого розгляду.

Співударяння дефектів підшипника спричиняє виникнення високочастотних коливань, які швидко згасають і поширюються від підшипника по корпусу насоса у вигляді хвиль аналогічно тому, як поширюється звук у повітрі [2]. Технологію обробки сигналів показано на рис. 4. Спостережний процес є аналогічним тому, як відгукується на удари камертон: якби по ньому не вдарити – він все одно дзенькає на своїй власній частоті. Так і підшипникові вузли від зіткнення дефектів «дзенькають» на своїй частоті. Частота ця зазвичай лежить у діапазоні 28-32 кГц. І на відміну від камертона, ці коливання дуже швидко згасають, тому на відповідних осцилограмах, які ми отримуємо, вони виглядають практично як імпульси, що і дало назву методу – метод ударних імпульсів [1].

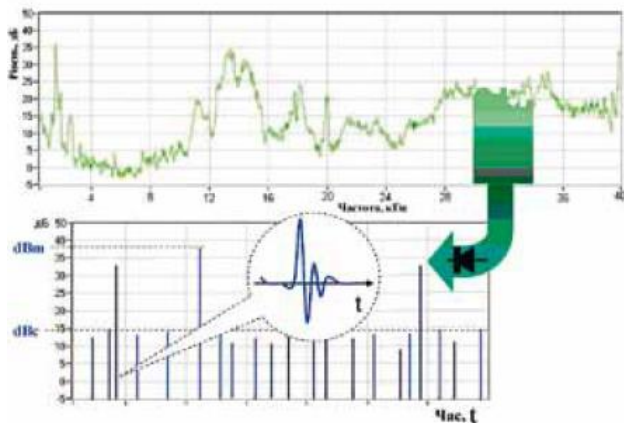


Рис. 4. Обробка сигналу за методом ударних імпульсів

Амплітуди ударних імпульсів однозначно пов'язані зі швидкістю співударяння дефектів і глибиною дефектів. Результати вимірювань дуже легко пронормувати за швидкістю співударяння, знаючи геометрію підшипника і його оберти. Таким чином, за амплітудами ударних імпульсів можна вірогідно діагностувати наявність і глибину дефектів. При цьому граничні значення, що характеризують той чи інший стан підшипника, виявляються абсолютно універсальними, тобто ніяк не залежать від типу й обертів підшипника.



Метод простий і дешевий у реалізації, має високу чутливість і дуже широко використовується як у середовищі професіоналів, так і для ТОР буксових вузлів вагонів, оскільки існують прості портативні прилади, що працюють за цим методом.

Для використання методу існує одне обмеження, пов'язане з конструктивним виконанням механізму. Оскільки мова йде про вимірювання ультразвукових хвиль коливань, які дуже сильно згасають на границях роз'ємних з'єднань, для коректних вимірювань необхідно, щоб між зовнішнім кільцем підшипника і місцем розташування датчика існував суцільний масив металу. У більшості випадків це не викликає проблем.

Висновок

Складний характер зареєстрованої вібрації аксіально-плунжерних насосів із потребує залучення сучасних методів обробки вібраційних сигналів для усунення завад та виділення корисного сигналу. Вкрай важливим завданням, розв'язання якого дозволяє вчасно виявляти поломку та підвищувати надійність, є проведення ґрунтовних досліджень з метою інтерпретації та класифікації отриманих дискретних частотних складових на спектрах вібрації, що ототожнюються з технічним станом підшипників кочення аксіально-плунжерних насосів.

Література

1. Барков А. В. Диагностика и прогноз состояния подшипников качения по сигналу вибрации [Текст] / А. В. Барков // Судостроение. – 1985. – 254 с/
2. Кравченко В. М. Технічне діагностування механічного обладнання [Текст]: підруч. / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров, В. Я. Седуш. – Донецьк: ТОВ «Юго-Восток, Лтд», 2007. – 447 с.
3. Явленский К. Н. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем [Текст]: учеб. / К. Н. Явленский, А. К. Явленский; – Л.: Машиностроение, 1983. – 239 с.
4. Барков А. В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации [Текст]: учеб. / А. В. Барков, Н. А. Баркова; СЗУЦ. – СПб.: СПбГМТУ, 2004. – 156 с.
5. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев; – СПб.: Изд. Центр СПбГМТУ, 2000. – 160 с.

Методы анализа виброакустических сигналов при диагностировании подшипников аксиально-плунжерных насосов

Кириченко А.Н.

В работе рассмотрены особенности методов анализа виброакустических сигналов, для выявления и идентификации неисправностей подшипниковых узлов аксиально-плунжерных насосов. Приведены особенности применения и выделены преимущества и недостатки данных методов.



Ключевые слова: *вібрація, подшипник качения, спектр сигнала, амплитудные всплески, модулирующий сигнал, гармонические колебания.*

Methods of analysis vibro-acoustic signals in diagnosing bearing axial-plunger pumps

Курченко О.М.

This paper describes the features of vibroacoustic signal analysis techniques for fault detection and identification of the bearing assemblies axial-plunger pumps. Shows features of the application and highlighted the advantages and disadvantages of these methods.

Keywords: *vibration, rolling bearing, the spectrum of the signal amplitude bursts, modulating signal, the harmonic oscillation*