



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **96750** (13) **U**
(51) МПК
F16C 19/52 (2006.01)
G01N 29/14 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 10518	(72) Винахідник(и): Шевченко Сергій Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 25.09.2014	(73) Власник(и): Шевченко Сергій Анатолійович, вул. Пушкінська, 51, кв. 14, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.02.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2015, Бюл.№ 3	

(54) СПОСІБ АКУСТИКО-ЕМІСІЙНОГО МОНІТОРИНГУ РЕЖИМУ МАЩЕННЯ ПІДШИПНИКА КОЧЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб акустико-емісійного моніторингу режиму мащення підшипника кочення полягає в тому, що його технічний стан визначають шляхом порівняння розподілу миттєвих значень обвідної сигналу від датчика акустичної емісії та заданого розподілу. Перед виділенням обвідної сигналу його пропускають через вузькосмуговий фільтр, як заданий розподіл використовують розподіл Релея, а діагностичною ознакою є статистика критерію Крамера-Мізеса-Смирнова, яку застосовують для порівняння розподілу Релея та розподілу миттєвих значень обвідної сигналу акустичної емісії.

UA 96750 U

Корисна модель стосується акустико-емісійної діагностики і може бути використана для періодичного або безперервного контролю стану підшипникових вузлів машин.

Відомий спосіб моніторингу умов мащення підшипника кочення [1], який полягає у вимірюванні енергії сигналу акустичної емісії та розрахунку параметра мащення (товщини плівки або в'язкості мастила). Окрім параметра мащення, на енергію сигналу акустичної емісії впливають: затухання пружних хвиль на шляху від підшипника до датчика акустичної емісії, частота обертання рухомого кільця, навантаження підшипника. Отже, як і зазначено в [1], перед здійсненням моніторингу необхідно експериментально визначити константи, які зв'язують параметр мащення та енергію сигналу акустичної емісії. Необхідність такого попереднього калібрування є недоліком способу [1].

При діагностуванні доцільно використовувати ознаки сигналу акустичної емісії, незалежні від масштабування сигналу по амплітуді. Такою ознакою, зокрема, є закон розподілу сигналу акустичної емісії. Відомий спосіб діагностування підшипника ковзання [2], який полягає у визначенні емпіричного інтегрального закону розподілу миттєвих значень широкосмугового сигналу акустичної емісії та визначенні вектора коефіцієнтів, кожен з яких є мірою відстані емпіричного розподілу від одного з трьох розподілів - нормального розподілу, експоненціального розподілу та розподілу Релея. Міра відстані розподілів визначається як статистика критерію згоди Колмогорова-Смирнова. Під час експериментальних досліджень [2] визначено, що емпіричний розподіл був найбільш близьким до нормального розподілу.

Недоліком способу є необхідність здійснювати вимірювання миттєвих значень сигналу акустичної емісії з високою частотою, що багаторазово перевищує верхню межу смуги пропускання датчика акустичної емісії та підсилювача його сигналу. Пояснюється це тим, що тривалість вимірювання повинна бути значно меншою, ніж період найвищої частоти в спектрі сигналу.

Акустична емісія підшипника кочення є безперервною, вона характеризується обвідною та високочастотним заповненням. Оскільки варіації інтенсивності акустичної емісії знаходять відображення, головним чином, у флуктуаціях обвідної, то можна суттєво зменшити частоту вимірювань, випрямляючи сигнал та вимірюючи його обвідну (замість вимірювань високочастотного заповнення).

Найближчим за технічною суттю є спосіб діагностування підшипника кочення [3]. Відповідно до прототипу, діагностування здійснюється шляхом детектування сигналу акустичної емісії, визначення розподілу миттєвих значень обвідної сигналу та порівнянні цього розподілу з нормальним розподілом.

В основу корисної моделі поставлено технічну задачу збільшення вірогідності діагностування. Поставлена задача вирішується тим, що сигнал акустичної емісії підшипника кочення перед виділенням обвідної пропускають через вузькосмуговий фільтр, визначають розподіл миттєвих значень його обвідної та порівнюють цей розподіл із розподілом Релея. Діагностичною ознакою є міра відмінності двох вище зазначених розподілів.

Спосіб акустико-емісійного діагностування підшипника кочення, що заявляється, ґрунтується на залежності інтенсивності акустичної емісії від режиму мащення підшипника кочення.

За умови роботи в гідродинамічному або пружно-гідродинамічному (змішаному) режимах мащення сигнал акустичної емісії підшипника не матиме суттєвих коливань інтенсивності. Відомо, що при дії широкосмугового випадкового сигналу на вузькосмуговий фільтр на його виході формується сигнал, миттєві значення обвідної якого розподілені за законом Релея [4]. Оскільки сигнал акустичної емісії є широкосмуговим, то миттєві значення його обвідної на виході вузькосмугового фільтра будуть розподілені за законом, наближеним до розподілу Релея.

Якщо ж несуча здатність мастильної плівки стане недостатньою (наприклад, внаслідок зменшення в'язкості мастила через підвищення його температури, збільшення навантаження на підшипник або "старіння" мастила), то тертя відбуватиметься при граничному мащенні. Оскільки на тертя впливатимуть численні випадкові фактори (відхилення поверхонь тіл і доріжок кочення від ідеальної форми, коливання напрямку та величини навантаження підшипника, деформації кільця підшипника, мікрогеометрія поверхонь, стан вторинних структур і мастильної плівки на поверхнях деталей), то безпосереднє контактування відбуватиметься у випадкові моменти часу в процесі динамічного перерозподілу навантаження між окремими ділянками на поверхнях тіл і доріжок кочення. Таким чином, граничне тертя спричинятиме сплески акустичної емісії різноманітної інтенсивності у випадкові моменти часу. У таких умовах закон розподілу миттєвих значень обвідної сигналу акустичної емісії відрізнятиметься від розподілу Релея, що й пропонується використовувати для моніторингу режиму мащення підшипника кочення.

Для перевірки відповідності емпіричного розподілу випадкової величини наперед заданому гіпотетичному розподілу використовують непараметричні критерії згоди, такі як критерій

Колмогорова-Смирнова та критерій Крамера-Мізеса-Смирнова [5]. Для вирішення поставленої задачі доцільно використовувати критерій згоди Крамера-Мізеса-Смирнова, використовуючи його статистику як діагностичний параметр. Пояснюється це наступним. Статистика критерію Колмогорова-Смирнова обчислюється як модуль максимального відхилення емпіричного та гіпотетичного законів розподілу. Це максимальне відхилення може мати місце при миттєвих значеннях обвідної, близьких до нуля, внаслідок наявності власного шуму підсилювача. Натомість, статистика критерію Крамера-Мізеса-Смирнова є середньоквадратичною мірою відмінності емпіричного та гіпотетичного законів розподілів [5] на всьому діапазоні амплітуд сигналу.

Приклад. Дослідження кулькового упорного підшипника типу 8100 здійснювались на комп'ютеризованому стенді. Фіг. 1 ілюструє структуру стенда. На ній зображені: 1 - шпindel електроприводу; 2 - конус; 3 - корпус змінного підшипникового вузла; 4 - підшипник; 5 - гайка; 6 - датчик акустичної емісії GT300; 7 - підсилювач; 8-USB-осцилограф; 9 - комп'ютер; 10 - важіль навантажувального механізму. Центральна частота смуги пропускання сигналу акустичної емісії становила 60 кГц, а ширина смуги пропускання становила 6 кГц. Виділення обвідної сигналу здійснювалось за допомогою пікового детектора USB-осцилографа. Режим дослідження: частота обертання рухомого кільця підшипника - 1460 1/хв. (період обертання 0,041 с), навантаження - 258 Н, тривалість інтервалу дослідження 0,1 с; мастило - М10Г2к. Як гіпотетичний закон розподілу миттєвих значень обвідної використовувався розподіл Релея з одиничним математичним очікуванням. Автоматичне регулювання підсилення сигналу акустичної емісії здійснювалось після його перетворення в цифрову форму шляхом множення на коефіцієнт, розрахований виходячи із забезпечення одиничного математичного очікування миттєвих значень обвідної сигналу.

Досліджування здійснювались у двох режимах мащення - при початковому стані мастила в змішаному режимі мащення та після його "старіння" (спрацювання присадок та зменшення в'язкості внаслідок термодеструкції) в режимі граничного мащення. Фіг. 2 ілюструє одержані експериментальні дані. На ній зображені значення F інтегральних законів розподілу в залежності від миттєвого значення обвідної a для наступних розподілів: 1 - емпіричний закон розподілу миттєвих значень обвідної акустичної емісії підшипника при початковому стані мастила; 2 - закон Релея; 3 - емпіричний закон розподілу миттєвих значень обвідної акустичної емісії підшипника при граничному мащенні. Діагностичний параметр, обчислений як статистика Крамера-Мізеса-Смирнова [5], дорівнював 0,38 при початковому стані мастила та 57 після його "старіння".

Таким чином, порівняння емпіричного закону розподілу обвідної сигналу акустичної емісії підшипника, пропущеного через вузькосмуговий фільтр, із законом розподілу Релея шляхом обчислення статистики критерію згоди Крамера-Мізеса-Смирнова дає змогу здійснювати моніторинг мащення підшипника.

Джерела інформації:

1. Міжнародний патент WO 2010/085971, МКВ: F16C 33/66 (2006.01) F16C 19/52 (2006.01). дата публікації 05.08.2010.

2. Hall L.D., Mba D., Bannister R.H. Acoustic Emission Signal Classification in Condition Monitoring Using the Kolmogorov-Smirnov Statistic // Journal of Acoustic Emission, Vol. 19, 2001, pp. 209-228.

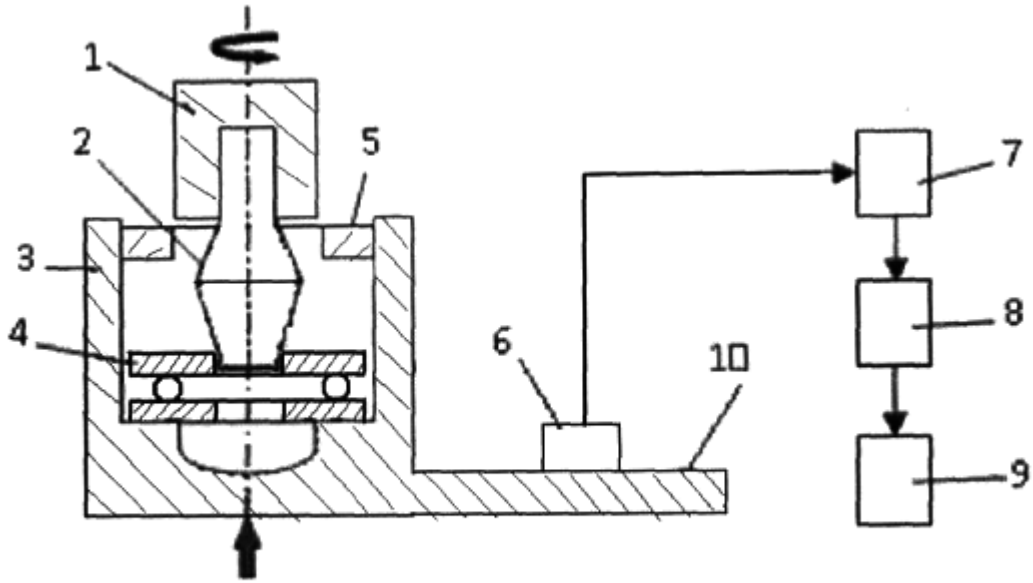
3. Патент Японії JP 2011-252761A, МКВ: G01H17/00 (2006.01), G01M19/00 (2011.01), дата публікації 15.12.2011.

4. Филипский Ю.К. Случайные сигналы в радиотехнике. - К.: Вища школа, 1986. - 126 с.

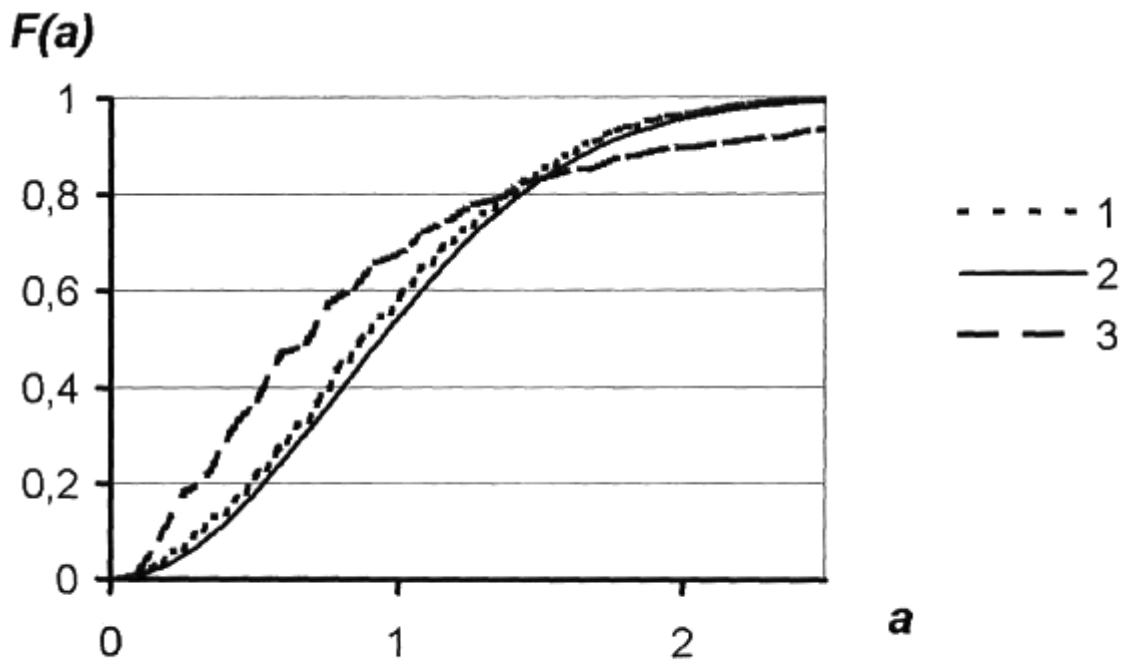
5. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 471 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб акустико-емісійного моніторингу режиму мащення підшипника кочення, який полягає в тому, що його технічний стан визначають шляхом порівняння розподілу миттєвих значень обвідної сигналу від датчика акустичної емісії та заданого розподілу, який **відрізняється** тим, що перед виділенням обвідної сигналу його пропускають через вузькосмуговий фільтр, як заданий розподіл використовують розподіл Релея, а діагностичною ознакою є статистика критерію Крамера-Мізеса-Смирнова, яку застосовують для порівняння розподілу Релея та розподілу миттєвих значень обвідної сигналу акустичної емісії.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601