

2. Yejun He (2016). On WiFi Offloading in Heterogeneous Networks: Various Incentives and Trade-off Strategies. China: IEEE Communications Surveys & Tutorials. – P. 27-33.

Примак Д.В.

студент,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

ВІБРОДІАГНОСТИКА ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

Настав час, коли користування електричними машинами, приладами, обладнанням стало масовим. Майже щодня різноманітні такі машини виконують мільйони різних робіт. З кожним роком розвиток технологій покращується. Результатом цього є поява нових потужніших електричних приладів. Вони виконують роботу ефективніше і в більшій кількості, порівняно зі своїми попередниками. Тому і навантаження на їх складові зростає. Результатом цього стає швидкий вихід з ладу деталей тієї чи іншої машини. Поломки однієї деталі призводить до поломки іншої, а в результаті – до виходу з ладу всієї машини. Тому так необхідно прогнозувати виникнення дефекту деталі ще до його початку, щоб вчинити запобігливі дії. Найчастіше такими причинами є поява дефектів у окремих вузлах електричної машини (обмотки ротора і статора, підшипник, щіточко-колекторний вузол). В електричних машинах малої і середньої потужності, які працюють на відносно великих швидкостях, одне із найслабших місць – це підшипниковий вузол [2]. Тому так важливо виявляти дефекти саме в ньому. Підшипники кочення є невід’ємною частиною роторного обладнання, від їх діагностики і стану залежить стан всього приладу. При діагностуванні підшипників кочення на передній план виходить вібродіагностика.

Підшипники кочення. Будова

Найчастіше підшипники кочення руйнуються зсередини. Тобто пошкодження їх складових несе негативні наслідки для життя всього підшипника. Тому варто звернути увагу на будову підшипника кочення.

Опора кочення складається з корпусу, підшипника кочення, засобу для закріплення підшипника на валу і в корпусі, захисних і змазуючих засобів підшипника. В залежності від призначення корпус підшипника кочення може бути окремим або виконаним як єдине ціле з деталлю, на якій встановлюється підшипник [5, ст. 303].

Підшипники кочення складаються з наступних складових.

Тіла кочення – це основні елементи підшипника кочення. Вони мають форму кульки або роликів різної конфігурації.

Внутрішнє кільце монтується на валу і в більшості випадків обертається разом із валом.

Зовнішнє кільце монтується у корпусі машини і в більшості випадків не обертається.

Сепаратор забезпечує утримання тіл кочення на постійній відстані одне від іншого, перешкоджаючи контакту між ними під час роботи. Від конструкції і матеріалу сепаратора залежить максимальна швидкість, з якою може працювати підшипник.

Ущільнення забезпечує надійну роботу підшипника, захищаючи його від забруднення й охороняючи мастило від вимивання [5, ст.303].

Підшипники кочення. Класифікація

Підшипники кочення мають ряд переваг, які забезпечують їм широке поширення в різних сферах машинобудування та приборобудування. До таких переваг відносять: малі моменти сил тертя і пускові моменти, мале нагрівання, незначні витрати замазочних матеріалів, просте обслуговування. Підшипники кочення стандартизовані. Масове їх виготовлення на спеціалізованих заводах дозволяє випускати підшипники кочення високої якості при порівняно невеликій вартості [5, ст. 303].

Підшипники кочення класифікують за наступними признаками:

- 1) За напрямком навантаження щодо осі вала (радіальні, упорні, радіально-упорні, упорно-радіальні);
- 2) За формою тіл кочення (циліндричні з короткими роликками; сферичні з роликками бочкоподібної форми; циліндричні з довгими роликками, а також голчасті; конічні з конічними роликками; циліндричні з витими роликками);
- 3) За числом рядів тіл кочення (однорядні, дворядні, чотирирядні);
- 4) За способом компенсації перекосів вала (несамоустановні – це всі кулькові і роликподшипники, крім сферичних; самоустановні сферичні) [1, ст. 6].

Види пошкоджень підшипників кочення та причини їх виникнення

Всі складові частини підшипників кочення виконують свої функції і працюють під різними навантаженнями. Тому причини і види дефектів різні, вони ще й по-різному впливають на вібрації всього підшипника кочення.

В підшипниках кочення виникають наступні дефекти: порушення змазування, перекоє зовнішнього кільця, зношення контактуючих поверхонь кілець, зношення і послаблення сепаратора, зношення тіл кочення, дефекти контактуючих поверхонь кілець і елементів кочення (тріщини, раковини, відколи, ерозія), обкатування зовнішнього кільця, неоднорідний радіальний натяг підшипника, перекоє, прослизання зовнішнього кільця підшипника в корпусі [6, ст. 574-582].

Трохи менше 10% підшипників допрацьовують до кінця проектного терміну служби. Приблизно 40% відмов пов'язано із недостатньою змазкою, і десь 30% викликано невірним встановленням, тобто не співвісністю або перекоєм при монтажі. Приблизно 20% викликано іншими причинами: перевантаженням, дефекти виготовлення. Та навіть при ідеальному виготовленні, збірці, пошкодження можуть виникати внаслідок втоми матеріалів [3, ст. 111].

Виявлення дефектів підшипників кочення

Вся потрібна інформація про стан і функціонування досліджуваного підшипника кочення знаходиться у вібраційному сигналі, який знімається

безпосередньо з підшипника кочення за допомогою датчика, встановленого у певне місце. *Вібрація* – це відносно малі переміщення твердого тіла або його точок при механічних коливаннях відносно положення рівноваги [7, ст. 378]. При діагностуванні сигнал проходить через низку перетворень, може змінювати форму і природу, але інформація, яку він несе повинна залишатися незмінною. Ця інформація має свої специфічні особливості в залежності від виду дефекту.

Різноманітність підшипників кочення дуже велика. Вони різняться за будовою, геометричними розмірами, і, в залежності від цього, вимоги до них також різні при використанні в тій чи іншій машині. Тобто, робоча частота, на якій вони працюють, а також навантаження, яке створюється над ними. Тому існують різні допустимі рівні вібрацій.

Дефекти кожної складової підшипника кочення по різному впливають на сигнал. Дефект можна простежити на певній частоті. В залежності від його типу та місця виникнення, частота, на якій він виникає буде також різнитися. Формули для їх знаходження наведемо нижче [7].

Пошкодження внутрішнього кільця проявляється на частоті проходження тіл кочення по зовнішньому кільцю:

$$f_{\text{зов}} = k \cdot \frac{z}{2} \cdot n \cdot \left(1 - \frac{d}{D} \cdot \cos\beta\right); \quad (1)$$

де D – діаметр кола, що проходить через центр тіл кочення, мм;

d – діаметр тіл кочення, мм;

β – кут контакту;

z – кількість тіл кочення;

n – частота обертання, с;

$k=1,2,3$;

$k=1$ при перекосі підшипника;

$k=2$ при зносі зовнішнього кільця;

$k=3$ при тріщині і раковинах на зовнішньому кільці.

Пошкодження внутрішнього кільця проявляється на частоті проходження тіл кочення по внутрішньому кільці:

$$f_{\text{вн}} = k \cdot \frac{z}{2} \cdot n \cdot \left(1 + \frac{d}{D} \cdot \cos\beta\right); \quad (2)$$

Види пошкоджень – раковини, тріщини, зношення внутрішнього кільця.

Пошкодження тіл кочення проявляються на частоті коливання тіл кочення:

$$f_{\text{т.к.}} = k \cdot \frac{z}{2D} \cdot n \cdot \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \cdot \cos^2\beta\right); \quad (3)$$

Пошкодження тіл кочення – раковини, відколи.

Пошкодження сепаратора проявляється на частоті обертання сепаратора:

$$f = k \cdot \frac{n}{2} \cdot \left(1 - \frac{d \cdot \cos\beta}{D}\right); \quad (4)$$

Пошкодження сепаратора – зношення тіл кочення і сепаратора.

Перекіс підшипника в корпусі проявляється на частоті (5) у вигляді як горизонтальної, так і вертикальної вібрації.

$$f = kn; \quad (5)$$

де $k=0,5;2$.

Неоднорідний радіальний натяг проявляється на частоті (5), але при $k=1,2,3$ [4, ст.187-188].

Як бачимо, частоту можна знайти знаючи геометричні параметри підшипника кочення: кількість елементів кочення, їх діаметр, діаметр сепаратора і кут контакту.

Процес вібродіагностики

По інформації, яка була наведена вище можна назвати фактори, які визначають терміни придатності підшипників кочення:

- 1) Навантаження;
- 2) Частота обертання;
- 3) Вібрація.

Для вібродіагностики підшипників кочення необхідно отримати вібраційний сигнал. Побудувати часовий чи частотний спектр цієї вібрації. І відшукати у цьому спектрі несинхронні піки на різних частотах. Якщо вони є, то це свідчить про наявність дефекту. Частота, на якій виникли такі піки вкаже на місце утворення пошкодження.

В даній статті був розглянутий принцип діагностування підшипників кочення за допомогою вібраційних сигналів. На цьому принципі будуються системи вібродіагностування, які використовуються сьогодні. Ця тема є дуже актуальною. Бо в процесі використання певної машини чи пристрою, має велике значення прогнозувати термін роботи таких складових, як підшипників кочення. Це важливо і з економічної точки зору, тому для сучасних фабрик, цехів та підприємств є необхідністю завести певними системами моніторингу та прогнозування стану машини, задля не втрати конкурентоспроможності.

Список використаних джерел:

1. Подшипники качения: Справочник-каталог / Под ред. В. Н. Нарышкина и Р. В. Коросташевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с., ил.
2. Марченко Б. Г., Мыслович М. В. Вибродиагностика подшипниковых узлов. – К.: Наук. Думка, 1992 – 196 с.
3. Костюков В. Н., Науменко А. П. Учебное пособие. – Омск: Научно-производственный центр «Диагностика, надежность машин и комплексная автоматизация», 2007. – 286 с.
4. Вибродиагностика: Моногр. / Розенберг Г. Ш., Мадорский Е. З., Голуб Е. С. и др.; Под ред. Г. Ш. Розенберга. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 284 с.
5. Гузенков П. Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд, испр. – М: Высш. шк., 1986. – 359 с.: ил.
6. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. Ред. В. В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: В. И. Иванов, И. Э. Власов. Метод акустической эмиссии / Кн. 2: Ф. Я. Балицкий, А. В. Барков, Н. А. Баркова и др. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.: ил.
7. Даниэль Линн. Вибродиагностика для начинающих и специалистов: выявление дефектов подшипников качения с помощью анализа вибрации [Электронный ресурс] / Пер. с англ. И. Р. Шейняк, под ред. В. А. Смирнова. – Режим доступа: <http://www.vibration.ru>, свободный.