



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0034291

(51)⁷ G01M 13/04

(13) B

(21) 1-2019-04785

(22) 29/08/2019

(45) 26/12/2022 417

(43) 25/12/2019 381A

(73) Tập đoàn Công nghiệp - Viễn thông Quân đội (VN)

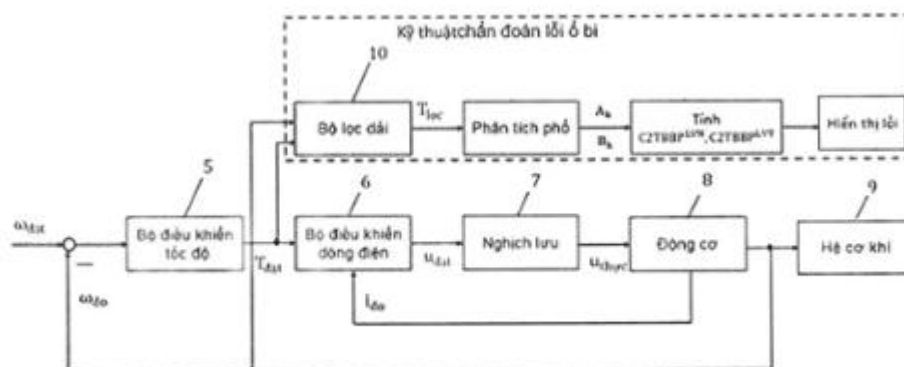
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Phùng Văn Trang (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP CHẨN ĐOÁN LỖI Ồ BI SỬ DỤNG BỘ LỌC DÀI VÀ PHÂN TÍCH PHỔ CỦA MÔ-MEN TẢI

(57) Phương pháp chẩn đoán lỗi ồ bi sử dụng bộ lọc dài và phân tích phổ của mô-men tải bao gồm các bước: bước 1: lọc dài, bước 2: phân tích phổ, bước 3, tính căn bậc hai giá trị trung bình bình phương $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$, bước 4: xác định giá trị ngưỡng $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ ứng với lỗi vành ngoài và lỗi vành trong, bước 5: xác định lỗi, bước 6: hiển thị lỗi. Phương pháp chẩn đoán lỗi ồ bi thông qua phân tích phổ của mô-men tải, không dùng thêm cảm biến ngoài những cảm biến có sẵn trong hệ truyền động điện và nó có thể được thực hiện liên tục trong suốt quá trình vận hành của hệ cơ điện. Theo đó, lỗi của ồ bi được phát hiện và cảnh báo kịp thời trước khi ồ bi gây lỗi nghiêm trọng cho hệ thống.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi trong hệ cơ điện sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Lỗi ổ bi chiếm tới 40% lỗi cơ khí trong hệ cơ điện, vì vậy sớm chẩn đoán lỗi ổ bi giúp tăng độ tin cậy và tính kinh tế trong vận hành các hệ cơ điện tử. Thông thường kỹ thuật chẩn đoán lỗi ổ bi phải có khả năng chẩn đoán lỗi ở mức C trong tiêu chuẩn ISO 10816-3, khi ổ bi vẫn hoạt động bình thường trước khi tiến tới mức lỗi nguy hiểm mức D.

Phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi thường dùng là sử dụng cảm biến độ rung. Ổ bi tốt và ổ bi lỗi gây ra gia tốc và vận tốc khác nhau ở vỏ ổ bi. Dựa theo tiêu chuẩn ISO 10816-3, vận tốc và gia tốc đo ở vỏ ổ bi giúp ta đánh giá ổ bi có bị lỗi hay không. Đây là một phương pháp chẩn đoán tin cậy nhưng có nhược điểm ở việc phải sử dụng thêm cảm biến độ rung, điều này tăng chi phí và công nhân vận hành.

Phương pháp chẩn đoán thay thế việc sử dụng cảm biến độ rung là dùng cảm biến âm thanh hoặc phân tích đáp ứng tần số tốc độ của động cơ truyền động. Hai phương pháp này đã được chứng minh thành công trong chẩn đoán lỗi ổ bi ở vành trong và vành ngoài khi ổ bi bị lỗi ở mức C theo tiêu chuẩn ISO 10816-3. Ưu điểm của phương pháp phân tích đáp ứng tốc độ động cơ truyền động là không dùng thêm cảm biến đo, tuy nhiên kỹ thuật của nó rất phức tạp và khó thực hiện khi hệ cơ điện đang vận hành. Phương pháp sử dụng cảm biến sóng âm vẫn cần thêm cảm biến, vì vậy tính kinh tế không cao.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải đơn giản nhưng có khả năng phát hiện lỗi ổ bi ở vành trong và vành ngoài ở mức C theo tiêu chuẩn ISO 10816-3. Điểm mới của kỹ thuật này là chẩn đoán lỗi ổ bi thông qua việc phân tích phổ của mô-men tải. Hơn nữa, phương pháp chẩn đoán không dùng thêm cảm biến ngoài những cảm biến có sẵn trong hệ truyền động điện và nó có thể được thực hiện liên tục trong suốt quá trình vận hành của hệ cơ

điện. Với kỹ thuật chẩn đoán đề xuất, lỗi của ổ bi được phát hiện và cảnh báo kịp thời trước khi ổ bi gây lỗi nghiêm trọng cho hệ thống.

Để đạt được các mục đích trên, phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải bao gồm các bước:

Bước 1: lọc dải: sử dụng bộ lọc dải và bao gồm n khâu lọc dải ứng với n tần số và có hàm truyền tổng quát dạng $G(s) = \frac{s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} \cdot s + \omega_0^2}$, trong đó $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$ với f_0 là tần số cơ bản của khâu lọc dải và nó được lựa chọn là bội số của f^{LVN} hoặc bội số của f^{LVT} ($f_0 = k \cdot f^{LVN}$ hoặc $f_0 = k \cdot f^{LVT}$ với $k = 1, 2, 3, \dots$); $Q = 0,7$ được lựa chọn theo đáp ứng tần số mong muốn của bộ lọc; tại bước này, ứng với mỗi khâu lọc dải chỉ cho một dải tần số đi qua; kết thúc bước này thu được $T_{lọc}$.

Bước 2: phân tích phổ: sử dụng phương pháp cửa sổ trượt với đầu ra là A_k và B_k , tức là biên độ các phổ ứng với tần số ω_0 ; được xác định:

$$A_k = \sqrt{C_j^2 + D_j^2}, \text{ khi } k \cdot f^{LVN} = j \cdot f \text{ và}$$

$$B_k = \sqrt{C_j^2 + D_j^2}, \text{ khi } k \cdot f^{LVT} = j \cdot f \text{ trong đó } C_j \text{ và } D_j \text{ là hệ số thành phần sin và}$$

cos ứng với phổ có tần số j khi pha của $T_{lọc}$ tăng lên và được cập nhật một lần mỗi khi pha của $T_{lọc}$ tăng một khoảng ΔT .

Bước 3: tính căn bậc hai giá trị trung bình bình phương $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$: sử dụng đầu vào là đầu ra của bước 2, được xác định:

$$C2TBBP^{LVN} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (A_k^{LVN} - A_k^M)^2} \text{ và}$$

$$C2TBBP^{LVT} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (B_k^{LVT} - B_k^M)^2}$$

ở đó A_k^{LVN} , A_k^M thứ tự là biên độ của phổ $k \cdot f^{LVN}$ ứng với ổ bi “lỗi vành ngoài” và ổ bi mới; B_k^{LVT} , B_k^M thứ tự là biên độ của phổ $k \cdot f^{LVT}$ ứng với ổ bi “lỗi vành trong” và ổ bi mới; N là số phổ ta quan tâm.

Bước 4: xác định giá trị ngưỡng $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ ứng với lỗi vành ngoài và lỗi vành trong, sử dụng ổ bi mới; ổ bi chứa lỗi vành trong và ổ bi chứa lỗi vành ngoài, cảm biến độ rung và máy hiện sóng; cụ thể: tạo lập ổ bi bị lỗi vành ngoài tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3 và tính toán các giá trị biên độ của phổ k (A_k^M và A_k^{LVN}) và $C2TBBP^{LVN}$ trong đó quá trình xác định $C2TBBP^{LVN}$ được thực hiện nhiều lần với các ổ bi khác nhau có cùng lỗi vành ngoài tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3, giá trị trung bình của $C2TBBP^{LVN}$ được đặt là giá trị ngưỡng; đối với lỗi vành trong được thực hiện tương tự.

Bước 5: xác định lỗi: so sánh các giá trị $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ với các giá trị ngưỡng tương ứng, nếu lớn hơn hoặc bằng giá trị ngưỡng thì ổ bi được xác định là có lỗi vành ngoài/ vành trong tương ứng.

Bước 6: hiển thị lỗi: nếu ổ bi được xác định có lỗi vành ngoài ở bước 5 thì khâu hiển thị sẽ hiển thị “lỗi vành ngoài” lên màn hình hiển thị; ngược lại ổ bi được chẩn đoán không có lỗi vành ngoài và khâu hiển thị sẽ hiển thị “không lỗi vành ngoài”; nếu ổ bi được xác định có lỗi vành trong ở bước 5 thì và khâu hiển thị sẽ hiển thị “lỗi vành trong”; ngược lại ổ bi được chẩn đoán không có lỗi vành trong và khâu hiển thị sẽ hiển thị “không lỗi vành trong”.

Phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải theo sáng chế trong đó tại bước 4, quá trình chuẩn bị tạo lập ổ bi bị lỗi vành ngoài và lỗi vành trong tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3 được thực hiện:

Trước hết ổ bi mới được gắn vào trục động cơ trong hệ truyền động điện, cảm biến độ rung được gắn lên vỏ ổ bi mới nhằm đo tốc độ rung; đầu ra của cảm biến độ rung được hiển thị trên một máy hiện sóng; động cơ điện được vận hành ở tốc độ 1000 min^{-1} .

Đối với lỗi vành ngoài, một lỗ ở vành ngoài ổ bi mới và một lỗ ở thân ổ bi mới được tạo ra, một đỉnh ốc có thể di chuyển lên xuống theo hai lỗ để thay đổi áp lực lên các viên bi; ổ bi mới được lắp vào trục của động cơ truyền động điện và đỉnh ốc được điều chỉnh lên-xuống cho tới khi tốc độ rung đo trên thân ổ bi mới hiển thị trên máy hiện sóng có giá trị cỡ 4,5 mm/s.

Đối với lỗi vành trong, một khe hở ở vành trong ổ bi mới và một lỗ được tạo ra ở trục của trục gắn với ổ bi mới được tạo ra, một đỉnh ốc có thể di chuyển trong lỗ vừa tạo và khe ở ở vành trong ổ bi mới sao cho lực nén lên viên bi thay đổi phụ thuộc vào vị trí của đỉnh ốc; vị trí của đỉnh ốc được thay đổi sao cho khi vận hành động cơ gắn với trục ổ bi mới ở 1000 min⁻¹, tốc độ rung đo trên vỏ ổ bi mới đạt 4,5 mm/s.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả cấu trúc cơ khí có một ổ bi tròn;

Hình 2 là hình vẽ mô tả cấu trúc hệ truyền động điện với thuật toán chẩn đoán lỗi ổ bi;

Hình 3 là hình vẽ mô tả cấu trúc của bộ lọc dải;

Hình 4 là hình vẽ mô tả thuật toán cửa sổ trượt;

Hình 5 là hình vẽ mô tả cách xác định biên độ của phổ T_{lqc} của ổ bi mới và ổ bi lỗi;

Hình 6 là hình vẽ mô tả một ví dụ về phổ của tín hiệu T_{lqc} ứng với ổ bi mới và ổ bi bị lỗi ở vành ngoài;

Hình 7 là hình vẽ mô tả tốc độ rung đo bên ngoài vỏ ổ bi với ổ bi mới và ổ bi lỗi vành ngoài.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tham chiếu hình 1 là hình vẽ mô tả cấu trúc của một ổ bi tròn với bốn thành phần chính: vành ngoài 1, bi tròn 2, lồng ngăn bi 3 và vành trong 4. Khi ổ bi bị lỗi ở vành ngoài hoặc vành trong, mỗi khi một viên bi đi qua vùng lỗi sẽ xuất hiện một xung trong mô-men

tải. Vì vậy, mô-men tải mang thông tin của lỗi: “lỗi ở vành ngoài” và “lỗi ở vành trong” tạo ra tần số lỗi cơ bản lần lượt là f^{LVN} , f^{LVT} được xác định như sau:

$$f^{LVN} = 0.4 \cdot z \cdot f_n \quad (1)$$

$$f^{LVT} = 0.6 \cdot z \cdot f_n \quad (2)$$

trong đó $z = 6 \div 12$ là số viên bi trong ổ bi, f_n là tần số quay của vành trong 4.

Tham chiếu hình 2 là hình vẽ mô tả cấu trúc của một hệ cơ điện với vòng điều khiển ngoài cùng là vòng điều khiển tốc độ. Hệ truyền động điện bao gồm các thành phần: bộ điều khiển tốc độ 5, bộ điều khiển dòng điện 6, bộ nghịch lưu 7, động cơ 8 và hệ cơ khí 9. Phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải bao gồm các bước: bước lọc dải, bước phân tích phổ, bước tính căn bậc hai giá trị trung bình bình phương $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$ và bước hiển thị lỗi. Ý nghĩa và chức năng các bước sẽ được làm rõ ở phần sau.

Với giả thiết rằng mạch vòng điều khiển tốc độ có đáp ứng đủ nhanh (đây là yêu cầu luôn được đáp ứng của một hệ truyền động điện), lúc đó ở trạng thái hệ làm việc ổn định, mô-men đặt ($T_{đặt}$) là đầu ra của bộ điều khiển tốc độ 5 có giá trị trùng với giá trị của mô-men tải. Do vậy, giá trị của mô-men đặt có thể được dùng thay cho mô-men tải trong thuật toán chẩn đoán lỗi ổ bi.

Phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải được thực hiện qua sáu bước. Các bước được trình bày theo thứ tự từ xử lý tín hiệu đầu vào (mô-men đặt) tới kết luận ổ bi có bị lỗi ở vành trong hay vành ngoài hay không.

Bước 1: Lọc dải.

Khâu lọc dải sử dụng bộ lọc dải 10. Hai tín hiệu vào bộ lọc dải là giá trị mô-men đặt ($T_{đặt}$) và vận tốc góc của trục động cơ ($\omega_{đo}$). $T_{đặt}$ là đầu ra của bộ điều khiển tốc độ 5, $\omega_{đo}$ là giá trị đo của vận tốc góc trục động cơ. Trong trường hợp hệ truyền động điện không dùng cảm biến đo góc, $\omega_{đo}$ được thay thế bằng giá trị ước lượng của vận tốc góc trục động cơ, đầu ra của bước này là $T_{lọc}$. Cấu trúc bộ lọc dải 10 bao gồm nhiều khâu lọc

dải: khâu lọc dải thứ nhất ứng với tần số ω_1 , khâu lọc dải thứ hai ứng với tần số $\omega_2, \dots$, khâu lọc dải thứ n ứng với tần số ω_n như trình bày ở hình 3. Hàm truyền tổng quát của một khâu lọc dải là:

$$G(s) = \frac{s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} \cdot s + \omega_0^2} \quad (3)$$

trong đó $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$ với f_0 là tần số cơ bản của khâu lọc dải và nó được lựa chọn là bội số của f^{LVN} hoặc bội số của f^{LVT} ($f_0 = k \cdot f^{LVN}$ hoặc $f_0 = k \cdot f^{LVT}$ với $k = 1, 2, 3 \dots$); $Q = 0,7$ được lựa chọn theo đáp ứng tần số mong muốn của bộ lọc.

Chức năng của một khâu lọc dải là chỉ cho một dải tần số đi qua, do đó đầu ra $T_{lọc}$ của khâu lọc dải chứa chủ yếu các phổ có liên quan tới tần số lỗi vành trong và vành ngoài của ổ bi. Vì f^{LVN} và f^{LVT} phụ thuộc tần số f_n của vành trong ổ bi như chỉ ra ở (1)-(2), nên ω_0 cũng phụ thuộc vào f_n . Vì tốc độ vành trong ổ bi f_n và tốc độ động cơ truyền động tỷ lệ tuyến tính với nhau nên ω_0 phụ thuộc tốc độ động cơ. Với lý do này mà bộ lọc dải 10 được lập trình là bộ lọc thích nghi phụ thuộc tốc độ động cơ $\omega_{đo}$ do tính thích nghi của bộ lọc dải, kỹ thuật chẩn đoán có thể làm việc ở các dải tốc độ khác nhau của hệ cơ điện.

Bước 2: Phân tích phổ.

Đầu vào của bước phân tích phổ là $T_{lọc}$, đầu ra là biên độ các phổ ứng với tần số ω_0 trong phương trình (3). Nói cách khác, nếu $T_{lọc}$ được biểu diễn dưới dạng chuỗi Fourier:

$$T_{lọc} = \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cdot \sin(k \cdot 2\pi \cdot f^{LVN} \cdot t + \varphi_k) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \cdot \sin(k \cdot 2\pi \cdot f^{LVT} \cdot t + \gamma_k) \quad (4)$$

+ Phổ không liên quan tới f^{LVN} và f^{LVT}

thì đầu ra của khâu phân tích phổ (11) là A_k và B_k , với $k = 1, 2, 3 \dots$

Phương pháp cửa sổ trượt với mô tả trong hình 4 được sử dụng để tính toán các phổ của T_{loc} . Để làm rõ hơn nguyên lý của phương pháp cửa sổ trượt, chuỗi Fourier đầy đủ của T_{loc} được đưa ra như dưới đây:

$$T_{loc}(t) = \frac{C_0}{2} + \sum_{j=1}^{\infty} C_j \cdot \sin(j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t) + D_j \cdot \cos(j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t) \quad (5)$$

Ở đó C_k và D_k thứ tự là hệ số thành phần sin và cos ứng với phổ có tần số $k \cdot f$ và được xác định như sau:

$$C_j = \frac{2}{M} \cdot \sum_{i=0}^{M-1} T_{loc}\left(\frac{i}{M \cdot f}\right) \cdot \sin\left(j \cdot \frac{i}{M \cdot f}\right) \quad (6)$$

$$D_j = \frac{2}{M} \cdot \sum_{i=0}^{M-1} T_{loc}\left(\frac{i}{M \cdot f}\right) \cdot \cos\left(j \cdot \frac{i}{M \cdot f}\right) \quad (7)$$

Ở phương trình (6) và (7), một chu kỳ cơ sở $T = 1/f$ của T_{loc} được chia thành M khoảng bằng nhau với độ dài mỗi khoảng là $\Delta T = \frac{T}{M} = \frac{1}{M \cdot f}$. Theo thời gian, pha của T_{loc} tăng lên và giá trị C_j và D_j được cập nhật một lần mỗi khi pha của T_{loc} tăng một khoảng ΔT . Quay lại hình 4, khi cửa sổ thứ $(v - 1)$ trượt sang cửa sổ thứ v , một thành phần của tổng (6) và (7) được thêm vào và một hành phần được loại đi. Sau đúng một chu kỳ cơ sở T của T_{loc} , phương pháp cửa sổ trượt hội tụ và cho ra giá trị C_j và D_j .

Tần số trích mẫu của phương pháp cửa sổ trượt được lấy bằng mười lần tần số của phổ lớn nhất cần tính toán. Tỷ lệ mười lần được chọn nhằm đảm bảo tính hội tụ của phương pháp cửa sổ trượt. $M = 8$ được chọn để đảm bảo độ chính xác của phương pháp cửa sổ trượt và yêu cầu vùng nhớ của vi điều khiển thực hiện phương pháp này.

So sánh phương trình (4) và (5) ta có công thức xác định A_k và B_k như sau:

$$A_k = \sqrt{C_j^2 + D_j^2}, \text{ khi } k \cdot f^{LVN} = j \cdot f \quad (8)$$

$$B_k = \sqrt{C_j^2 + D_j^2}, \text{ khi } k \cdot f^{LVT} = j \cdot f \quad (9)$$

Bước 3: tính căn bậc hai giá trị trung bình bình phương $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$.

Đầu vào của khâu tính giá trị $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$ là biên độ A_k của các phổ ứng với tần số $k \cdot f^{LVN}$ và B_k ứng với tần số $k \cdot f^{LVT}$ (đầu ra của khâu phân tích phổ). Đầu ra của khâu là giá trị $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$ được xác định như sau:

$$C2TBBP^{LVN} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (A_k^{LVN} - A_k^M)^2} \quad (10)$$

$$C2TBBP^{LVT} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (B_k^{LVT} - B_k^M)^2} \quad (11)$$

ở đó A_k^{LVN} , A_k^M thứ tự là biên độ của phổ $k \cdot f^{LVN}$ ứng với ổ bi chứa lỗi vành ngoài 19 và ổ bi mới 18; B_k^{LVT} , B_k^M thứ tự là biên độ của phổ $k \cdot f^{LVT}$ ứng với ổ bi chứa lỗi vành trong 20 và ổ bi mới 18; N là số phổ ta quan tâm. $N = 7$ được chọn để đảm bảo hệ truyền động điện được điều khiển với tần số thấp nhất 4 kHz vẫn đảm bảo tỷ lệ 10 lần giữa tần số trích mẫu và tần số lớn nhất cần quan tâm trong phương pháp cửa sổ trượt. Các xác định hệ số A_k^{LVN} , A_k^M và B_k^{LVT} , B_k^M được đưa ra ở hình 5.

Bước 4: xác định giá trị ngưỡng $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ ứng với lỗi vành ngoài và lỗi vành trong.

Việc này được thực hiện một lần và quá trình xác định ngưỡng áp dụng cho hệ cơ điện có động cơ truyền động công suất trung bình ($P = 15 \text{ kW} \div 300 \text{ kW}$).

Để thực hiện bước 4 cần có ổ bi mới 18, ổ bi lỗi vành trong 19, ổ bi lỗi vành ngoài 20, cảm biến độ rung và máy hiện sóng. Trong sáng chế này, ổ bi mới 18 được sử dụng là loại UC-205 của hãng Schaeffler (Đức), cảm biến độ rung là loại MMF-KS-80V-2006 của hãng MMF (Đức), máy hiện sóng là loại WaveAce-L1001 của hãng LECROY (Mỹ). Động cơ được sử dụng trong hệ truyền động điện là loại CEM4103T của hãng ABB (Thụy Điển).

Như thể hiện trên hình 5, trước hết ổ bi mới 18 được gắn vào trục động cơ trong hệ truyền động điện. Cảm biến độ rung được gắn lên vỏ ổ bi mới 18 nhằm đo tốc độ rung. Đầu ra của cảm biến độ rung được hiển thị trên một máy hiện sóng. Động cơ điện được vận hành ở tốc độ 1000 min^{-1} và kỹ thuật phân tích phổ được thể hiện ở phương trình (11) trên hình 2 cho ra các giá trị A_k^M và B_k^M ứng với ổ bi mới 18. Các giá trị này có thể đọc được từ vùng nhớ của vi điều khiển xử lý thuật toán.

Để xác định được giá trị ngưỡng $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$, việc chuẩn bị ổ bi chứa lỗi vành ngoài 19 và ổ bi chứa vành trong 20 đạt mức lỗi C theo tiêu chuẩn ISO 10816-3 đóng một vai trò quan trọng.

Đối với lỗi vành ngoài, một lỗ thứ nhất 21 ở vành ngoài ổ bi bất kỳ và một lỗ thứ hai 22 ở thân ổ bi đó được tạo ra. Một đỉnh ốc thứ nhất 23 có thể di chuyển lên xuống theo hai lỗ để thay đổi áp lực lên các viên bi. Ổ bi này được lắp vào trục của động cơ truyền động điện. Động cơ điện được điều khiển vận hành ở tốc độ 1000 min^{-1} và đỉnh ốc 23 được điều chỉnh lên-xuống cho tới khi tốc độ rung đo trên thân ổ bi này hiển thị trên máy hiện sóng có giá trị cỡ $4,5 \text{ mm/s}$ như chỉ ra ở hình 7 thì ổ bi này được xác định có lỗi vành ngoài theo tiêu chuẩn ISO 10816-3, gọi là ổ bi chứa lỗi vành ngoài 19.

Tiếp đến, kỹ thuật lọc dải ở bước 1 và kỹ thuật phân tích phổ ở bước 2 được thực hiện với ổ bi chứa lỗi vành ngoài 19 vừa được chuẩn bị. Giá trị A_k^{LVN} được xác định từ đầu ra của bước phân tích phổ.

Hình 6 mô tả một ví dụ về giá trị của A_k^M ứng với ổ bi mới và A_k^{LVN} ứng với ổ bi mới bị lỗi vành ngoài 19 tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3. Với giá trị A_k^M và A_k^{LVN} vừa nhận được, giá trị $C2TBBP^{LVN}$ được xác định tại bước 3. Quá trình xác định

$C2TBBP^{LVN}$ được thực hiện nhiều lần với các ổ bi mới 18 và ổ bi chứa lỗi vành ngoài 19 khác nhau. Từ các giá trị thu được, giá trị trung bình của $C2TBBP^{LVN}$ được đặt là giá trị ngưỡng và kết quả là $C2TBBP_{Ngưỡng}^{LVN} = 0,0091 \text{ Nm}$.

Quá trình xác định giá trị ngưỡng $C2TBBP^{LVT}$ với lỗi vành trong được thực hiện tương tự như lỗi vành ngoài. Điểm khác biệt nằm ở quá trình chuẩn bị ổ bi chứa lỗi vành trong 20 theo mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3. Một khe hở 24 ở vành trong ổ bi bất kỳ và một lỗ thứ ba 25 được tạo ra ở trục của trục gắn với ổ bi này được tạo ra. Một đỉnh ốc thứ hai 26 có thể di chuyển trong lỗ vừa tạo và khe ở ở vành trong ổ bi này sao cho lực nén lên viên bi thay đổi phụ thuộc vào vị trí của đỉnh ốc thứ hai 26. Vị trí của đỉnh ốc thứ hai 26 được thay đổi sao cho khi vận hành động cơ gắn với trục ổ bi này ở 1000 min^{-1} , tốc độ rung đo trên vỏ ổ bi này đạt $4,5 \text{ mm/s}$. Ổ bi mới lúc này đạt lỗi mức C theo tiêu chuẩn ISO 10816-3, gọi là ổ bi chứa lỗi vành trong 20 và được sử dụng vào việc xác định giá trị $C2TBBP^{LVT}$. Kết quả thực nghiệm cho giá trị ngưỡng lỗi vành trong là $C2TBBP_{Ngưỡng}^{LVT} = 0,0094 \text{ Nm}$.

Bước 5: Xác định lỗi.

Với hệ cơ-điện được cài đặt phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi, giá trị $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ liên tục được cập nhật trong ở bước 4. Giá trị $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ này được so sánh với hai giá trị ngưỡng $C2TBBP_{Ngưỡng}^{LVN}$ và $C2TBBP_{Ngưỡng}^{LVT}$ được xác định ở bước 4.

- Nếu giá trị $C2TBBP^{LVN} \geq C2TBBP_{Ngưỡng}^{LVN}$ thì ổ bi được chẩn đoán có lỗi vành ngoài.
- Nếu giá trị $C2TBBP^{LVT} \geq C2TBBP_{Ngưỡng}^{LVT}$ thì ổ bi được chẩn đoán có lỗi vành trong.

Bước 6: Hiện thị lỗi.

- Nếu ổ bi được xác định có lỗi vành ngoài ở bước 5 thì khâu hiển thị sẽ hiển thị “Lỗi vành ngoài” lên màn hình hiển thị; ngược lại ổ bi được chẩn đoán không có lỗi vành ngoài và khâu hiển thị sẽ hiển thị “Không lỗi vành ngoài”.
- Nếu ổ bi được xác định có lỗi vành trong ở bước 5 thì khâu hiển thị sẽ hiển thị “Lỗi vành trong”; ngược lại ổ bi được chẩn đoán không có lỗi vành trong và khâu hiển thị sẽ hiển thị “Không lỗi vành trong”.

Trong hệ cơ điện có thể có nhiều ổ bi, việc chẩn đoán lỗi ổ bi ở vành ngoài hay vành trong không giúp xác định cụ thể ổ bi nào bị lỗi. Khi một lỗi được phát hiện, bộ hiển thị 13 sẽ cảnh báo việc cần bảo dưỡng cho các ổ bi.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải bao gồm các bước:

bước 1: lọc dải: sử dụng bộ lọc dải bao gồm n khâu lọc dải ứng với n tần số, có hàm truyền tổng quát dạng $G(s) = \frac{s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$, trong đó $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$ với f_0 là tần số cơ bản của khâu lọc dải và tần số này được lựa chọn là bội số của f^{LVN} hoặc bội số của f^{LVT} ($f_0 = k \cdot f^{LVN}$ hoặc $f_0 = k \cdot f^{LVT}$ với $k = 1, 2, 3 \dots$); $Q = 0,7$ được lựa chọn theo đáp ứng tần số mong muốn của bộ lọc; tại bước này, ứng với mỗi khâu lọc dải chỉ cho một dải tần số đi qua; kết thúc bước này thu được T_{loc} ;

bước 2: phân tích phổ: sử dụng phương pháp cửa sổ trượt với đầu ra là A_k và B_k , biên độ các phổ ứng với tần số ω_0 ; được xác định:

$A_k = \sqrt{C_j^2 + D_j^2}$, khi $k \cdot f^{LVN} = j \cdot f$, và $B_k = \sqrt{C_j^2 + D_j^2}$, khi $k \cdot f^{LVT} = j \cdot f$ trong đó C_j và D_j là hệ số thành phần sin và cos ứng với phổ có tần số j khi pha của T_{loc} tăng lên và được cập nhật một lần mỗi khi pha của T_{loc} tăng một khoảng ΔT ;

bước 3: tính căn bậc hai giá trị trung bình bình phương $C2TBBP^{LVN}$, $C2TBBP^{LVT}$: sử dụng đầu vào là đầu ra của bước 2, và được xác định:

$$C2TBBP^{LVN} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (A_k^{LVN} - A_k^M)^2} \quad \text{và} \quad C2TBBP^{LVT} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (B_k^{LVT} - B_k^M)^2}$$

ở đó A_k^{LVN} , A_k^M thứ tự là biên độ của phổ $k \cdot f^{LVN}$ ứng với ổ bi “lỗi vành ngoài” và ổ bi mới; B_k^{LVT} , B_k^M thứ tự là biên độ của phổ $k \cdot f^{LVT}$ ứng với ổ bi “lỗi vành trong” và ổ bi mới; N là số phổ quan tâm;

bước 4: xác định giá trị ngưỡng $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ ứng với lỗi vành ngoài và lỗi vành trong: bước này sử dụng ổ bi mới, ổ bi chứa lỗi vành trong, ổ bi chứa lỗi

vành ngoài, cảm biến độ rung và máy hiện sóng; cụ thể: tạo lập ổ bi bị lỗi vành ngoài tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3 và tính toán các giá trị biên độ của phổ k (A_k^M và A_k^{LVN}) và $C2TBBP^{LVN}$ trong đó quá trình xác định $C2TBBP^{LVN}$ được thực hiện nhiều lần với các ổ bi khác nhau có cùng lỗi vành ngoài tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3, giá trị trung bình của $C2TBBP^{LVN}$ được đặt là giá trị ngưỡng; đối với lỗi vành trong được thực hiện tương tự;

bước 5: xác định lỗi: cụ thể: so sánh các giá trị $C2TBBP^{LVN}$ và $C2TBBP^{LVT}$ với các giá trị ngưỡng tương ứng, nếu lớn hơn hoặc bằng giá trị ngưỡng thì ổ bi được xác định là có lỗi vành ngoài, vành trong tương ứng;

bước 6: hiển thị lỗi: nếu ổ bi được xác định có lỗi vành ngoài ở bước 5 thì khâu hiển thị sẽ hiển thị “lỗi vành ngoài” lên màn hình hiển thị; ngược lại ổ bi được chẩn đoán không có lỗi vành ngoài và khâu hiển thị sẽ hiển thị “không lỗi vành ngoài”; nếu ổ bi được xác định có lỗi vành trong ở bước 5 thì và khâu hiển thị sẽ hiển thị “lỗi vành trong”; ngược lại ổ bi được chẩn đoán không có lỗi vành trong và khâu hiển thị sẽ hiển thị “không lỗi vành trong”.

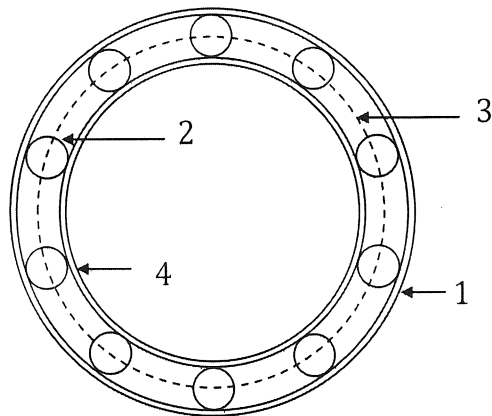
2. Phương pháp chẩn đoán lỗi ổ bi sử dụng bộ lọc dải và phân tích phổ của mô-men tải theo điểm 1 trong đó tại bước 4, quá trình chuẩn bị lập ổ bi bị lỗi vành ngoài và lỗi vành trong tại mức C của tiêu chuẩn ISO 10816-3 được thực hiện:

trước hết ổ bi mới được gắn vào trục động cơ trong hệ truyền động điện; cảm biến độ rung được gắn lên vỏ ổ bi mới nhằm đo tốc độ rung; đầu ra của cảm biến độ rung được hiển thị trên một máy hiện sóng; động cơ điện được vận hành ở tốc độ 1000 min^{-1} ;

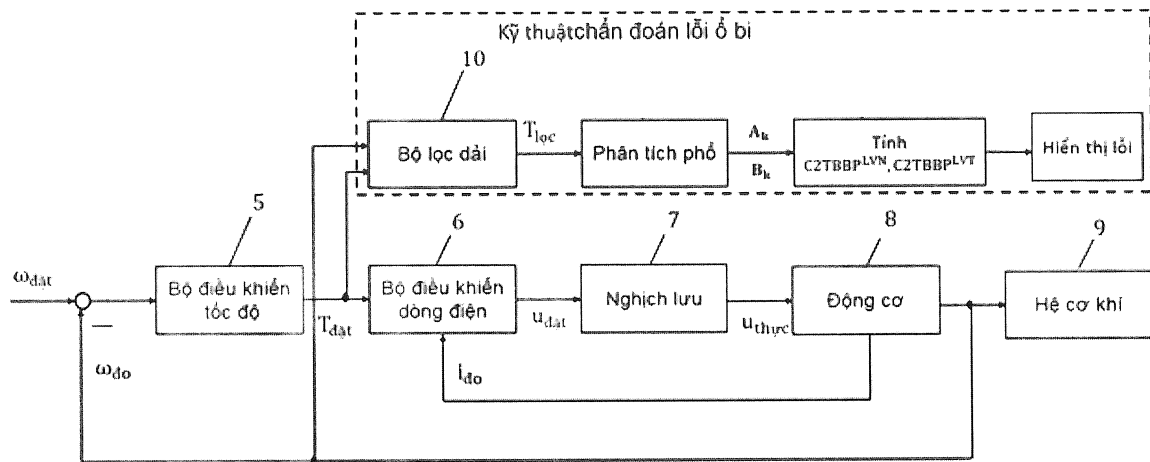
đối với lỗi vành ngoài, một lỗ ở vành ngoài ổ bi bất kỳ và một lỗ ở thân ổ bi này được tạo ra; một đỉnh ốc có thể di chuyển lên xuống theo hai lỗ để thay đổi áp lực lên các viên bi; ổ bi này được lắp vào trục của động cơ truyền động điện và đỉnh ốc được điều chỉnh lên-xuống cho tới khi tốc độ rung đo hiển thị trên máy hiện sóng có giá trị cỡ 4,5 mm/s;

đối với lõi vành trong, một khe hở ở vành trong ổ bi bất kỳ và một lỗ được tạo ra ở trục của trục gắn với ổ bi này được tạo ra; một đỉnh ốc có thể di chuyển trong lỗ vừa tạo và khe ở ở vành trong ổ bi này sao cho lực nén lên viên bi thay đổi phụ thuộc vào vị trí của đỉnh ốc; vị trí của đỉnh ốc được thay đổi sao cho khi vận hành động cơ gắn với trục ổ bi này ở 1000 min^{-1} , tốc độ rung đo trên vỏ ổ bi mới đạt $4,5 \text{ mm/s}$.

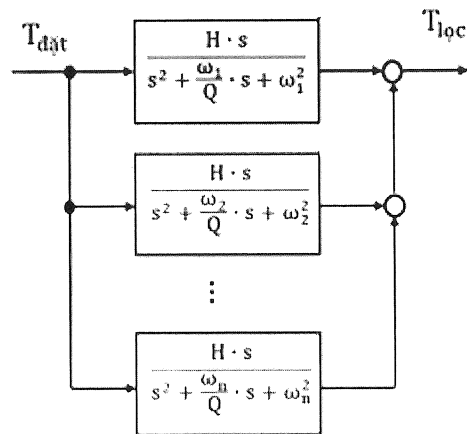
Hình vẽ



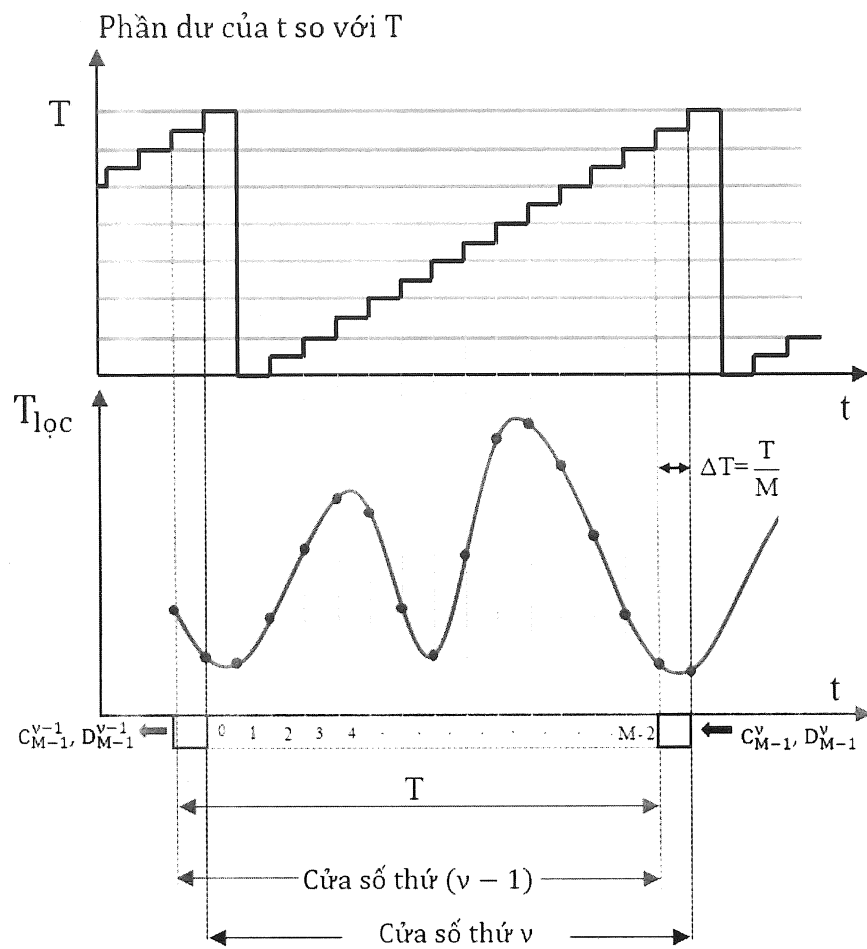
Hình 1.



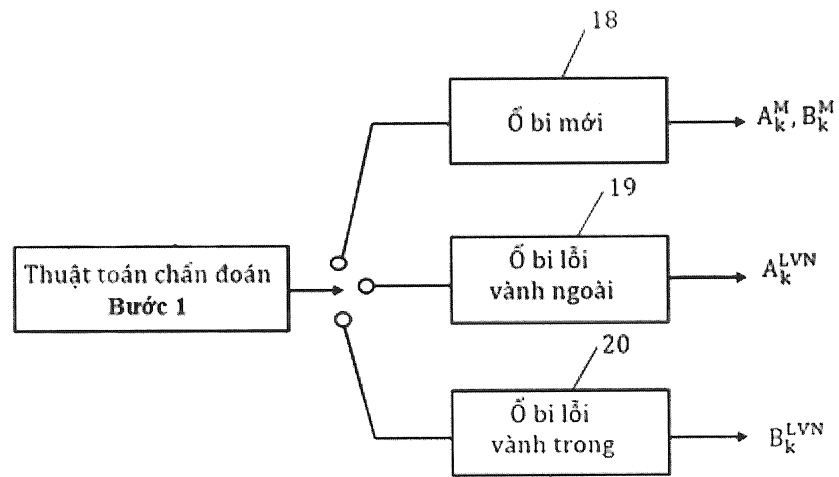
Hình 2.



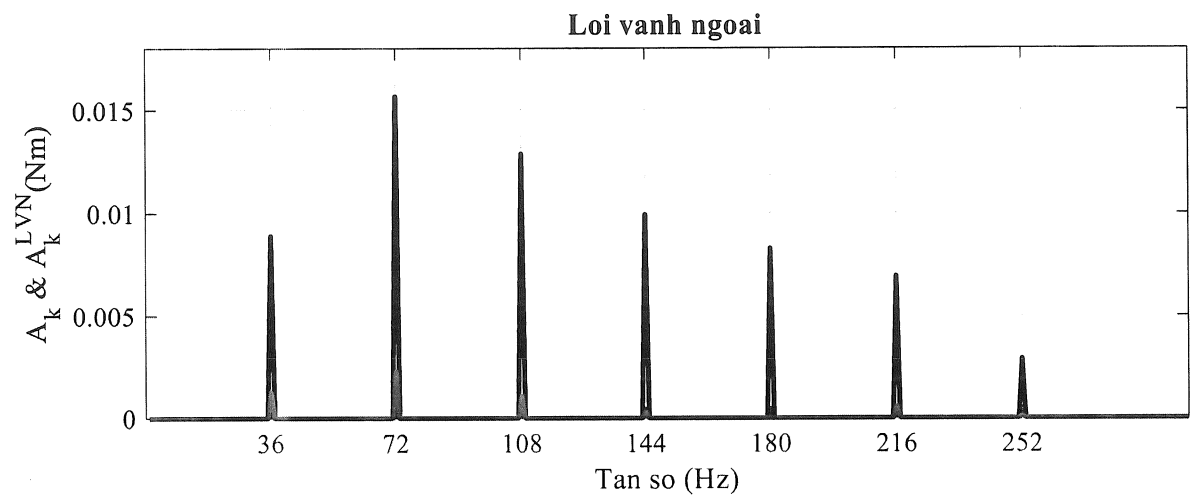
Hình 3



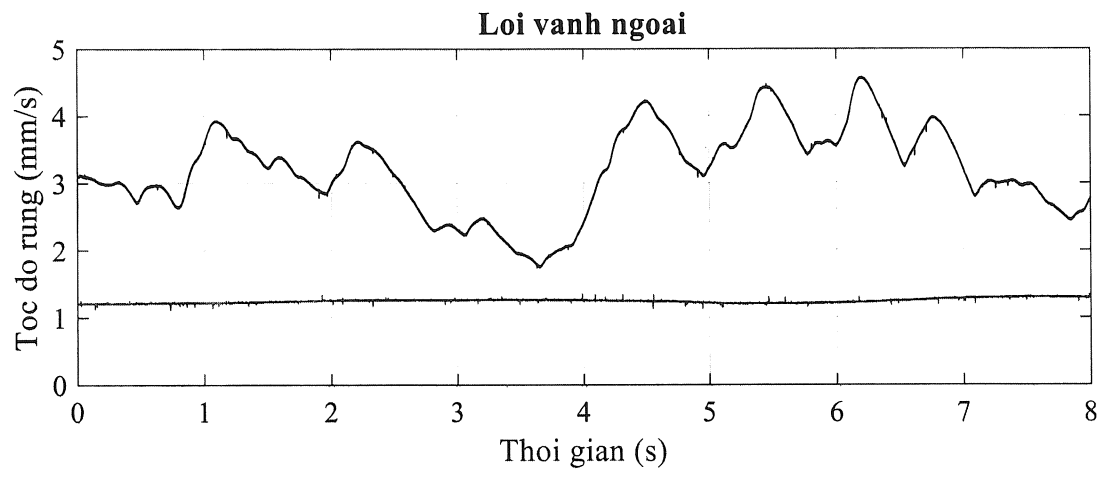
Hình 4



Hình 5



Hình 6.



Hình 7