

THỬ NGHIỆM KHẢ NĂNG CHẨN ĐOÁN KHUYẾT TẬT Ổ BI

Ngô Kiều Nhi

Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 15 tháng 12 năm 2003)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày các kết quả thử nghiệm mức độ tin cậy chẩn đoán khuyết tật ổ bi của thiết bị chẩn đoán do Phòng thí nghiệm Cơ học Ứng dụng – Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM (PTNCHUD) nghiên cứu chế tạo. Thí nghiệm tiến hành trên mô hình có ổ bi đã biết trước tình trạng và trên hộp giảm tốc đang được sử dụng. Phương pháp chẩn đoán dựa vào đặc điểm các phổ tín hiệu rung động.

I. Mở đầu

PTNCHUD đã nhiều năm nay nghiên cứu khả năng chế tạo thiết bị đo dao động, đồng thời triển khai hướng chẩn đoán khuyết tật các chi tiết máy bằng tín hiệu dao động. Thiết bị chẩn đoán gồm các phần chính được PTNCHUD nghiên cứu chế tạo: cảm biến, mạch giao tiếp, phần mềm chẩn đoán. Thiết bị chẩn đoán khuyết tật máy sẽ phải làm nhiệm vụ chẩn đoán cho nhiều cụm chi tiết, nhất là các cụm chi tiết thông dụng: bánh răng, trục, ổ đỡ, ... Trong [1], chúng tôi đã trình bày các kết quả kiểm nghiệm thực tế mức độ chính xác của thiết bị này đối với trục, bánh răng của hộp giảm tốc trục vít bánh vít, hộp tốc độ của máy tiện TC16 và mô tơ tại một cơ sở sản xuất. Trong bài báo này chúng tôi trình bày các kết quả thử nghiệm chẩn đoán đối với ổ bi trên mô hình tại phòng thí nghiệm và tình trạng hộp giảm tốc.

Các hư hỏng của ổ bi gồm các loại sau:

- Hỏng vòng trong sinh ra khe hở giữa viên bi và mặt làm việc của vòng tròn.
- Hỏng vòng ngoài tạo ra khe hở giữa viên bi và mặt làm việc của vòng ngoài.
- Hỏng bi thường ở dạng bề mặt làm việc của bi không nhẵn làm hình dạng hình học của chúng sai lệch.
- Hỏng vòng cách làm cho các viên bi phân bố trên vòng cách thay đổi, bi không phân bố đều trên chu vi vòng bi.

Ổ bi hỏng gây ra các hiện tượng:

- Hỏng vòng trong tạo sự lệch tâm giữa tâm trục quay và đường tâm của hai gối đỡ, chi tiết trên trục sẽ bị đảo trong quá trình làm việc.
- Hỏng vòng ngoài các tác động tương tự như hỏng vòng trong.
- Hỏng bi làm cho viên bi lăn không đều trên các bề mặt làm việc của vòng trong và vòng ngoài, gây ma sát lớn cản trở chuyển động quay của trục. Nếu bi hỏng nhiều dẫn đến tình trạng kẹt bi.
- Hỏng vòng cách khiến cho tải trọng tác động lên các viên bi không phân bố đều, chuyển động của ổ bi bị cản trở dẫn đến kẹt bi, ảnh hưởng đến chuyển động quay của trục. Nếu mức độ kẹt bi trầm trọng thì trục sẽ không quay được.

Dấu hiệu của từng khuyết tật kể trên thể hiện bởi mức vượt trội của trị số biên độ các hài tương ứng so với các hài khác. Ký hiệu n là số vòng quay của trục trong 1 phút, thì tần số hài của các chi tiết của ổ bi được tính bằng các công thức sau [2]:

- Tần số của vòng cách (ký hiệu f_{cb})

$$f_{cb} = \left(1 - \frac{d_b}{Dp} \cdot \cos\alpha\right) \cdot \frac{f}{2} \tag{1}$$

trong đó:

d_b - đường kính viên bi; α - góc tiếp xúc; Dp - đường kính vòng cách

- Tần số vòng ngoài (ký hiệu: f_n)

$$f_n = f_{cb} \cdot N_b \tag{2}$$

trong đó: N_b - số viên bi

- Tần số vòng trong (ký hiệu: f_i)

$$f_i = (f \cdot N_b) - f_n \tag{3}$$

- Tần số con lăn (ký hiệu: f_l)

$$f_l = \frac{Dp}{d_b} \cdot \frac{f}{2} \left[1 - \left(\frac{d_b}{Dp} \cdot \cos\alpha\right)^2\right] \tag{4}$$

II. Kết quả thử nghiệm trên mô hình

Ổ bi được thử nghiệm có ký hiệu 6206 với các thông số như sau:

$$\alpha = 12^\circ, N_b = 9, d_b = 9,53 \text{ mm}, Dp = 46 \text{ mm}$$

Thiết bị cho phép lấy mẫu với số lần trong 1 giây thay đổi được tối đa là 1000 lần. Để phân tích tín hiệu thành các hài, mỗi lần lấy một tập gồm 512 mẫu. Giá trị của các hài được tính từ nhiều tập (10 đến 30 tập). Sau đó lấy giá trị trung bình. Quá trình này được thực hiện nhiều lần và sau đó xét phân bố các giá trị thu được của các hài.

1. Thử nghiệm 1: Tình trạng ổ bi tốt. Thử nghiệm thực hiện với tần số f ứng với số vòng quay của trục là $f = 5 \text{ Hz}$.

Giá trị trung bình biên độ các hài như sau:

Bảng 1

Lần	Biên độ	A_{cb}	A_n	A_i	A_l	Số tập mỗi lần
	mm/s ²					
1	5	34	31	13	10	
2	5	15	17	15		
3	5	25	23	14		
4	4	17	20	8		
5	6	25	39	15	15	
6	3	11	13	6		
7	3	58	34	16		
8	3	21	12	11		
9	3	13	10	7		
10	4	19	21	9		
11	4	20	15	8	20	

13	5	9	22	7	
14	4	12	10	7	
15	3	14	9	8	
16	5	11	16	9	
17	4	7	10	5	
18	4	11	17	9	
19	3	11	9	5	25
20	5	15	12	9	
21	6	33	20	13	
22	7	21	23	12	
23	4	16	14	8	
24	3	18	14	10	30
25	6	21	17	11	
26	4	16	15	13	
27	6	19	21	7	
28	4	17	20	13	
	7	58	39	19	MAX
	3	7	9	5	MIN
	5	19	19	11	AVERAGE

Trong đó: A_{cb} , A_n , A_t , A_l là các giá trị biên độ tương ứng các hài f_{cb} , f_n , f_t , f_l .

Từ các giá trị trên Bảng 1 ta thu được phân bố tần suất các giá trị biên độ như sau:

Bảng 2

	0 - 9	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59
	Mm/s					
A_{cb}	28					
A_n	2	16	7	2		
A_t	2	14	8	4		
A_l	14	14				

(Các số in đậm là các giá trị tần suất lớn nhất)

Cách lấy và xử lý số liệu như trên xuất phát từ quan điểm cho rằng các số liệu thu thập mang tính ngẫu nhiên, do vậy ta không thể dùng giá trị chỉ của một tập mẫu để đánh giá. Hơn thế nữa, không những ta quan tâm đến giá trị trung bình hoặc các giá trị có tần suất lớn nhất mà còn quan tâm đến các hài có giá trị biên độ lớn nhất và nhỏ nhất trong từng tình trạng của mỗi chi tiết.

2. Thử nghiệm 2: Tình trạng ổ bi có khuyết tật tại viên bi, vòng trong, vòng ngoài, số vòng quay của trục ứng với $f = 5$ Hz.

Thực hiện quy trình lấy số liệu như đã trình bày ở trên, ta có được bảng phân bố các giá trị biên độ như sau:

Bảng 3

Biên độ	20 ÷ 29	30 ÷ 39	40 ÷ 49	50 ÷ 59	60 ÷ 69	70 ÷ 79	80 ÷ 89	90 ÷ 99	100 ÷ 109	110 ÷ 119	120 ÷ 129	130 ÷ 139	140 ÷ 149	150 ÷ 159	160 ÷ 169
A_{cb}	2	14	14	2											
A_n							1	5	3	10	7	4		1	1
A_t						1	2	4	12	10	1	2			
A_l			3	10	12	4	3								

So sánh Bảng 2 và Bảng 3 ta thấy: miền phân bố tần suất giá trị biên độ của các hài các chi tiết có khuyết tật đều dịch chuyển đáng kể về phía giá trị tăng. Trong trường hợp thử nghiệm này thì giá trị biên độ lớn nhất trong bảng phân bố khi ổ tốt nhỏ hơn nhiều so với giá trị biên độ nhỏ nhất trong bảng phân bố giá trị biên độ khi ổ bị hư. Tuy nhiên, biên độ hài của tần số của vòng cách cũng tăng đáng kể, mặc dù vòng cách ổ bi thử nghiệm không có khuyết tật.

3. Thử nghiệm 3: thực hiện tương tự như thử nghiệm 1 và 2 nhưng với $f = 10$ Hz.

Bảng 4 và Bảng 5 dưới đây trình bày phân bố tần suất giá trị A_{cb} , A_n , A_t , A_l lần lượt khi ổ bi tốt và khi ổ bi có các chi tiết bị khuyết tật.

Bảng 4

	0 - 9	10 - 19	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
	mm/s							
A_{cb}	1	4	5	8	9	1	2	
A_n	4	18	7	1				
A_l		2	5	8	7	2	2	5

Bảng 5

Biên độ	A_{cb}	A_n	A_l	Biên độ	A_{cb}	A_n	A_l
	mm/s ²				mm/s ²		
20 - 29	2			110 - 119			6
30 - 39	25			120 - 129			6
40 - 49	12			130 - 139			7
50 - 59		3		140 - 149			6
60 - 69		13		150 - 159			1
70 - 79		14		160 - 169			1
80 - 89		7	2	170 - 179			2
90 - 99		1	2	180 - 189			1
100 - 109		1	5	190 - 199			

Quan sát Bảng 4 và Bảng 5 ta có các nhận xét sau:

- Tương tự như nhận xét sau thử nghiệm 1 và 2, ta thấy các miền phân bố giá trị, giá trị biên độ có tần suất lớn nhất khi ổ bi có khuyết tật dịch chuyển sang miền giá trị lớn so với khi ổ bi tốt, phản ánh đúng sự hiện diện khuyết tật ở các chi tiết. Và cũng như trước đây, tuy vòng cách ổ bi không có khuyết tật song các khuyết tật của các chi tiết khác vẫn gây ra sự tăng biên độ của hài theo tần số dao động của vòng cách. Do điều kiện thí nghiệm chưa cho phép tạo ra các khuyết tật ở từng loại chi tiết riêng lẻ nên

hiện tượng này có thể là trường hợp đặc biệt của ổ bi thử nghiệm khi có đồng thời 3 loại chi tiết có khuyết tật.

Biên độ của các hài tăng khi tần số trục quay tăng. Có nghĩa cùng ở một mức độ khuyết tật thì khi vận tốc quay trục càng cao, biên độ rung sẽ càng lớn.

III. Kết quả kiểm tra thực tế

Thử nghiệm thực hiện đối với hộp giảm tốc bánh răng có 2 trục. Trục vào nối với mô tơ điện có: số vòng quay 1450 vòng/phút; tỷ số truyền giữa trục ra và trục vào là $\frac{1}{43}$.

Theo nhận định của người sử dụng thì tình trạng khuyết tật của ổ bi là các viên bi bị rỗ.

Ổ bi lắp trên trục vào có ký hiệu 7307, ổ bi lắp trên trục ra có ký hiệu 6311.

Ta có các thông số như sau:

Bảng 6

	Số hiệu ổ bi	Tần số hài ứng với trục quay f (Hz)	N_b	d_b , mm	α°	d_p , mm
Trục vào	7307	25	11	11,7	12	55
Trục ra	6311	0,58	10	20,64	12	87

Áp dụng các công thức (1) ÷ (4), ta có được giá trị của các hài dao động của các chi tiết ổ bi trên các trục như sau:

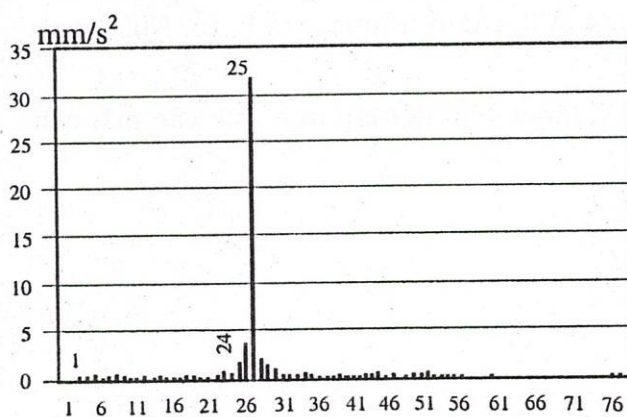
Bảng 7

Trục vào					Trục ra				
Tần số ứng với trục f_1	Tần số ứng với vòng cách f_{cb1}	Tần số ứng với vòng ngoài f_{m1}	Tần số ứng với vòng trong f_{t1}	Tần số ứng với bi f_{i1}	Tần số ứng với trục f_2	Tần số ứng với vòng cách f_{cb2}	Tần số ứng với vòng ngoài f_{n2}	Tần số ứng với vòng trong f_{t2}	Tần số ứng với bi f_{i2}
25	9,9	108,889	166,11	56,2	0,58	0,233	2,23	3,583	1,15

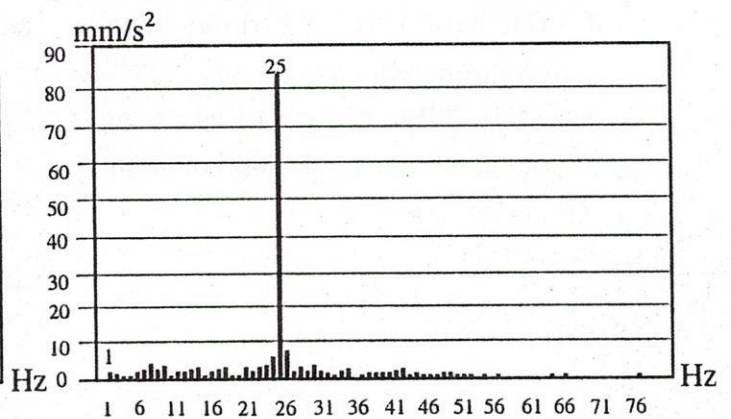
Kết quả phân tích phổ của các lần đo như sau:

- Lần 1:

Hai cảm biến đặt trên 2 ổ của động cơ. Các phổ nhận được như trên Hình 1 và Hình 2.



Hình 1



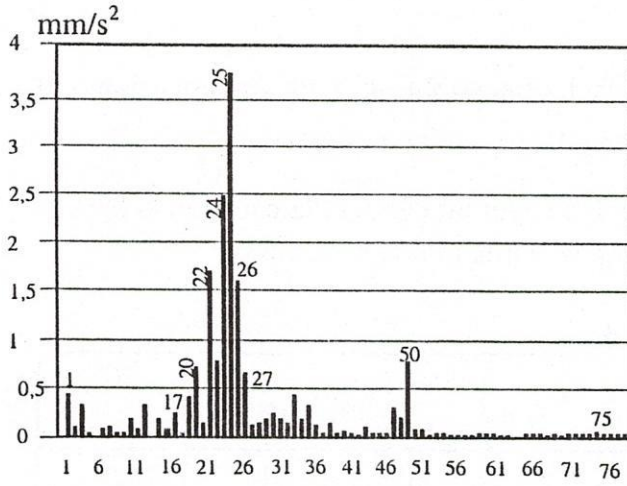
Hình 2

Hai hình này cho thấy hài có biên độ nổi trội chỉ tại tần số ứng với vận tốc quay của trục động cơ, vậy các ổ bi của động cơ còn tốt.

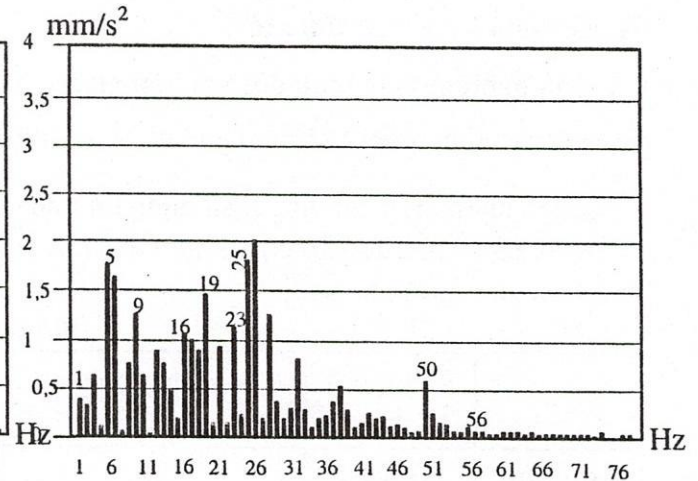
- Lần 2:

Một cảm biến đặt trên ổ của trục vào và 1 cảm biến đặt trên ổ của trục ra.

Các phổ nhận được lần lượt như trên Hình 3 và Hình 4.



Hình 3



Hình 4

Phân tích Hình 3 ta nhận thấy các hài có biên độ nổi trội so với hài lân cận gần các hài có tần số sau:

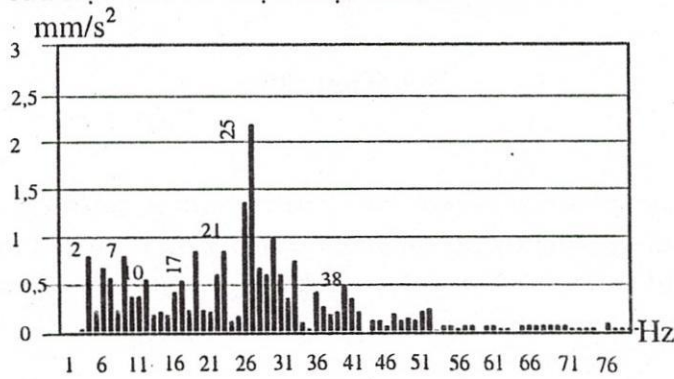
- 25Hz; 50Hz; 75Hz tức $f_1, 2f_1, 3f_1$. Sự xuất hiện các hài này chứng tỏ có chi tiết lắp trên trục vào bị mất cân bằng.
- 17Hz, giá trị này bằng $2/3 f_1$ thể hiện sự xoáy dầu do khí động hoặc thủy động trên ổ của trục vào.
- 1,15Hz, giá trị này bằng f_{12} , vậy ổ bi lắp trên trục ra bị rỗ, điều này phù hợp với nhận định của người sử dụng.
- Các hài quanh hài có tần số $f_1 = 25\text{Hz}$ thể hiện có sốc do phần quay gắn trên trục vào va chạm lên các thành phần cố định.

Phân tích Hình 4 ta nhận thấy các hài có biên độ nổi trội so với hài lân cận gồm các hài có tần số:

- 12Hz, giá trị này bằng $0.48 f_1$. Điều này thể hiện hiện tượng xoáy dầu của trục vào trong các ổ do độ nhớt dầu quá đậm đặc.
- Các hài 1,15Hz, giá trị này bằng f_{12} , chứng tỏ bi của ổ trên trục ra bị rỗ. Nhận định này trùng với nhận định c.
- 25Hz, 50Hz, các giá trị này bằng $f_1, 2f_1$ chứng tỏ chi tiết lắp trên trục vào mất cân bằng, điều này phù hợp với nhận định a.

- Lần 3:

Cảm biến đặt trên ổ của trục ra. Phổ nhận được cho trên Hình 5.



Hình 5

Phân tích Hình 5 ta nhận thấy các hài có biên độ trội đáng lưu ý:

- h. 17Hz, thể hiện hiện tượng xoáy dầu trong ổ của trục vào. Nhận định này phù hợp với nhận định b.
- i. 10Hz, giá trị này bằng f_{cb1} chứng tỏ vòng cách ổ bi trục vào có khuyết tật.
- j. 2Hz, giá trị này bằng f_{n2} , thể hiện vòng ngoài của ổ bi trục ra có dấu hiệu khuyết tật.
- k. 3Hz, 4Hz lân cận f_{12} là dấu hiệu khuyết tật của vòng trong ổ bi trên trục ra.
- l. Trên tất cả các Hình 1 ÷ 5 trong vùng lân cận hài của tần số 25Hz tồn tại vùng các hài có tần số kế nhau, có biên độ đáng kể, chứng tỏ có hiện tượng va chạm của chi tiết trên trục vào với chi tiết cố định của hộp giảm tốc. Nhận định này phù hợp với nhận định d.

IV. Kết luận

Qua các thử nghiệm trên mô hình và trên hộp giảm tốc ta thấy:

- 1- Đặc điểm của phổ tín hiệu thu được đều có thông tin về dạng khuyết tật đã được báo trước.
- 2- Ngoài những thông tin về khuyết tật đã biết, các phổ còn cho biết thêm nhiều khuyết tật mà cán bộ kỹ thuật chưa phát hiện ra.
- 3- Trong trường hợp các trục được đặt gần nhau, phổ tín hiệu từ cảm biến đặt trên 1 ổ của 1 trục nào đó sẽ chứa thông tin không những của ổ này mà còn chứa các thông tin của trục khác và các ổ trên trục khác. Vậy để có thể khai thác tối đa các số liệu đo thì cần nắm vững sơ đồ động của hệ thống.
- 4- Với các kết quả kiểm nghiệm thu được cho thấy thiết bị chẩn đoán do PTNCHUD nghiên cứu chế tạo có nhiều triển vọng sử dụng được, góp phần hỗ trợ cơ sở sản xuất, chẩn đoán tình trạng ổ bi trong quá trình máy hoạt động thực tế.
- 5- Các hệ cơ khí thông dụng có các tỷ số truyền khá lớn. Do vậy giá trị các tần số thể hiện khuyết tật ở các chi tiết sẽ tràn trên một miền rất rộng. Vì vậy, hệ thống chẩn đoán khuyết tật máy bằng tín hiệu rung động cần có khả năng thu nhận tín hiệu trên một dải tần rất rộng.

EXPERIMENT ON THE CAPABILITY OF DIAGNOSING BALL-BEARING DEFECT

Ngo Kieu Nhi

ABSTRACT: The paper presents the experimental results on confident degree of diagnosing defect of ball-bearing by the diagnose-instrument designed in the Lab. of Applied Mechanics-Ho Chi Minh City University of Technology. The experiment is carried out by utilizing reducer-box and model having ball-bearing with foreknown conditions. The method of diagnose is based on the character of vibration spectrum.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Kiều Nhi, Nguyễn Thị Thúy Nga, Phan Đức Huỳnh, *Thử nghiệm khả năng của thiết bị chẩn đoán bằng tín hiệu rung*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ các Trường Đại học Kỹ Thuật, Số 44 – 45/2003
- [2] Nguyễn Hải, *Bảo trì dự đoán*, tài liệu tham khảo, Trường Đại học Kỹ Thuật Tp. HCM (Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM), 1996.