

# Phân tích và đánh giá cân bằng động các chi tiết máy quay trên gối đỡ cứng và gối đỡ mềm với thiết bị chẩn đoán Microlog MX

Nguyễn Hồng Ngoan\*, Nguyễn Quang Thanh\*\*

\*ThS. Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

\*\*ThS. Chuyên viên phòng Quản trị thiết bị, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

Received: 7/7/2024; Accepted: 16/7/2024; Published: 25/7/2024

**Abstract:** Imbalance in rotating machine components (commonly referred to as rotors) is one of the main causes of machine vibrations. These vibrations not only reduce the lifespan of the machine but also affect the operation of nearby machines. Therefore, when rotor imbalance occurs, it must be promptly inspected and addressed. Rotor imbalance is defined as an uneven mass distribution relative to the rotor's axis of rotation. In this paper, the author analyzes and evaluates the results of dynamic balancing of rotors on rigid and soft bearings. The analysis and evaluation results clearly illustrate the characteristics of both rigid and soft bearings using the Microlog MX diagnostic device.

**Keywords:** Analysis, evaluation, machine components, rotation, rigid bearings, soft bearings, Microlog MX diagnostic device

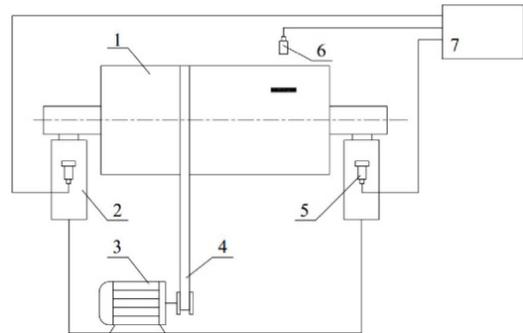
## 1. Đặt vấn đề

Mất cân bằng các chi tiết máy quay (rôto) được xem là dạng hỏng nguy hiểm cần được phát hiện và khắc phục sớm để đảm bảo cho máy móc làm việc an toàn và hiệu quả, đặc biệt đối với các thiết bị có tốc độ quay cao, yêu cầu về cân bằng rôto càng phải chính xác hơn. Có nhiều nguyên nhân gây mất cân bằng đối với rôto, cụ thể: mất cân bằng do chế tạo, mất cân bằng do lắp ráp, mất cân bằng trong quá trình vận hành, do ăn mòn, do tính chất vật liệu không đồng nhất, .... Để khắc phục sự mất cân bằng của rôto, người thợ kỹ thuật sử dụng các thiết bị chuyên dùng để xác định vị trí khối mất cân bằng trên rôto, các đối trọng sau đó được thêm hoặc bớt đi để phân bố lại khối lượng của rôto cho đồng đều. Quá trình này được gọi là quá trình cân bằng. Rôto có thể được cân bằng ở trạng thái tĩnh (không được truyền chuyển động quay) hay ở trạng thái động (được truyền chuyển động quay), ứng với trạng thái cân bằng của rôto mà chúng ta có phương pháp cân bằng tương ứng: cân bằng tĩnh và cân bằng động.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Nghiên cứu, phân tích gối đỡ cứng và gối đỡ mềm trong quá trình cân bằng động

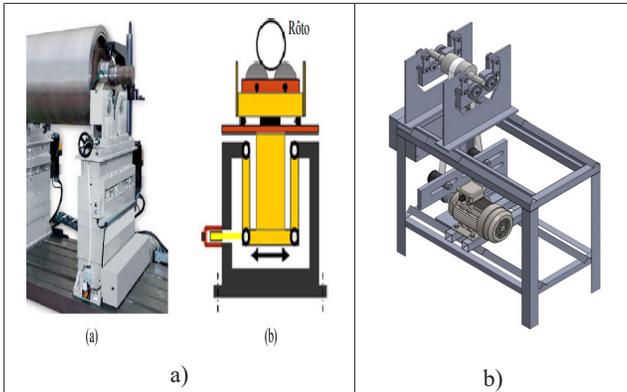
Thiết bị cân bằng động cho phép phát hiện khối lượng và vị trí của khối mất cân bằng trên rôto thông qua phân tích rung động do lượng mất cân bằng của rôto gây ra. Gối đỡ phục vụ quá trình cân bằng động có thể sử dụng gối đỡ cứng hoặc gối đỡ mềm. Sự



Sơ đồ 2.1. Mô hình thiết bị cân bằng động rôto

khác nhau cơ bản của hai loại gối đỡ chính là độ cứng của nó. Gối đỡ mềm (hình 2.1b) là gối đỡ có thể di chuyển tự do theo ít nhất một phương, thường là theo phương vuông góc với trục của rôto. Nguyên lý của loại gối đỡ này là rôto được đỡ trên các con lăn và xem như được treo trên giá đỡ có thể dao động, dao động đó được đo lại bằng cảm biến gia tốc để xác định lượng mất cân bằng của rôto. Nhờ sự dao động của giá đỡ mà lực mất cân bằng của chi tiết không truyền lên khung và đế của thiết bị. Đối với thiết bị cân bằng động sử dụng gối đỡ mềm thông thường không cần phải cố định đế trên nền xưởng, do vậy tính linh hoạt của thiết bị rất cao, có thể di chuyển dễ dàng. Trong khi đó, gối đỡ cứng (hình 2.1a) đỡ rôto trên các con lăn được gắn cố định trên khung máy, do vậy toàn bộ lực do lượng mất cân bằng của rôto sẽ gây ra rung động truyền lên gối đỡ, khung và đế của

thiết bị. Rung động trên gối đỡ cũng được đo bằng cảm biến gia tốc để xác định lượng mất cân bằng của rôto. Đối với loại thiết bị cân bằng động sử dụng gối đỡ cứng thì cấu tạo của khung và để thiết bị phải chắc chắn, và phải được cố định trên nền xưởng bằng bulông nền. Chính vì vậy tính linh hoạt của thiết bị cân bằng động sử dụng gối đỡ cứng không cao. Do vậy, tác giả đã tiến hành phân tích và đánh giá cân bằng động rôto trên thiết bị hỗ trợ cân bằng động trong hai trường hợp gối đỡ cứng và gối đỡ mềm.



Hình 2.1. Mô hình gối đỡ cứng và gối đỡ mềm phục vụ quá trình cân bằng động rôto

Trong thiết bị có gối đỡ mềm, cộng hưởng của rôto hay hệ thống gối đỡ sẽ xảy ra ở tốc độ thấp hơn tốc độ cân bằng hay khi có tốc độ bằng một nửa tốc độ cân bằng. Quá trình cân bằng được thực hiện ở tần số cao hơn so với tần số cộng hưởng của hệ thống gối đỡ. Cảm biến đo rung động được gắn trên giá đỡ treo rôto. Trong khi đó thiết bị cân bằng có gối đỡ cứng vì phải đo rung động do lực mất cân bằng truyền lên gối cố định nên cần phải đo ở tốc độ cao hơn so với gối đỡ mềm; quá trình cân bằng được thực hiện ở tốc độ thấp hơn tần số cộng hưởng của gối đỡ. Ưu điểm chính của thiết bị có gối đỡ cứng là khả năng chịu lực của thiết bị tốt và có thể cho kết quả mất cân bằng nhanh, phù hợp cho cân bằng động trong sản xuất rôto hàng loạt lớn. Theo tiêu chuẩn ISO mỗi loại thiết bị, máy móc có mức độ rung động cho phép khác nhau, vì vậy khi cân bằng ta phải dựa trên tiêu chuẩn này để chọn giá trị phù hợp cho loại thiết bị hay rôto cần cân bằng.

## 2.2. Thiết bị hỗ trợ và quy trình cân bằng động rôto

Thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto được chế tạo để cân bằng các rôto tháo rời. Cùng với sự hỗ trợ của thiết bị chẩn đoán Microlog MX, tác giả đã tiến hành cân bằng động rôto trên thiết bị hỗ trợ cân bằng động ở cả 2 dạng gối đỡ cứng và gối đỡ mềm cùng thực hiện trên một mô hình và cùng một tốc độ quay như

nhau để so sánh và đánh giá kết quả cân bằng.

- Truyền động: Động cơ xoay chiều 3 pha 1.5 kW, số vòng quay 1490 v/ph có sử dụng bộ biến tần để thay đổi số vòng quay của rôto, bộ truyền đai dẹt được sử dụng để truyền động cho rôto.

- Gối đỡ có chế độ chuyển đổi thành gối đỡ mềm hoặc gối đỡ cứng.

\*Quy trình cân bằng động rôto

Trình tự các bước thực hiện cân bằng động rôto trên thiết bị như sau:

**Bước 1:** Lắp đặt cảm biến gia tốc, cảm biến quang của thiết bị cân bằng động di động trên thiết bị hỗ trợ nhằm thu nhận tín hiệu rung động của và số vòng quay của rôto cần cân bằng.

**Bước 2:** Gá đặt rôto cần cân bằng trên gối đỡ và dán tấm phản quang để xác định vị trí góc 0 và đếm số vòng quay của rôto.

**Bước 3:** Thiết lập biên tần của thiết bị hỗ trợ cân bằng động để có số vòng quay rôto như mong muốn.

**Bước 4:** Khởi động thiết bị cân bằng di động SKF Microlog MX và lựa chọn chương trình cân bằng động một mặt phẳng và như cài đặt các thông số khác.

**Bước 5:** Thực hiện bước chạy ban đầu để xem giá trị mất cân bằng của rôto, dựa trên đặc tính của thiết bị trong tiêu chuẩn ISO 1940-1:2003 để xem xét lượng mất cân bằng cho phép của rôto.

**Bước 6:** Dừng máy, gắn khối lượng thử.

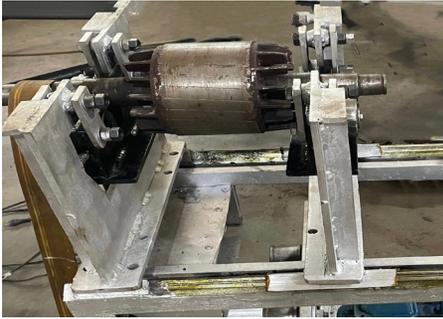
**Bước 7:** Thực hiện bước chạy thử. Trong bước chạy này kết quả phải tuân theo nguyên tắc 30/30 (có nghĩa là kết quả của bước chạy thử so với bước tham khảo phải thay đổi 30% về biên độ rung động hay thay đổi pha 30% hoặc thay đổi 30% cho cả biên độ rung động và pha).

**Bước 8:** Gắn đối trọng cần cân bằng và thực hiện chạy sửa, nếu mức độ rung động nằm trong khoảng cho phép thì dừng việc cân bằng, nếu mức rung động chưa nằm trong khoảng cho phép thì tiếp tục gắn đối trọng tinh chỉnh để tiếp tục thực hiện việc cân bằng nhằm giảm mức rung động.

## 2.3. Thực nghiệm cân bằng và phân tích, đánh giá kết quả

Chi tiết thực nghiệm: Tiến hành cân bằng động cho rôto động cơ điện có đường kính 120mm, chiều dài 320mm, khối lượng 4,2 kg trong hai trường hợp: sử dụng gối đỡ cứng và gối đỡ mềm. Trong quá trình thực nghiệm lượng mất cân bằng của rôto được giả định bằng cách gắn một khối lượng ở một vị trí bất kỳ nào đó trên rôto. Thực hiện đo rung động của rôto trong hai trường hợp gối đỡ cứng, gối đỡ mềm ở hai

tốc độ khác nhau (25Hz và 50 Hz) và nhận được kết quả như bảng 2.1



Hình 2.2. Mô hình thực nghiệm

Bảng 2.1. Kết quả đo rung động cho hai loại gối đỡ ở hai cấp tốc độ khác nhau

n (v/ph)	Gối đỡ mềm		Gối đỡ cứng	
	Biên độ rung động (mm/s)	Pha (°)	Biên độ rung động (mm/s)	Pha (°)
750	3,9	78	0,25	165
1490	12,4	346	3,84	250

Kết quả ở bảng 2.1 cho thấy:

- Ở cùng số vòng quay n1 (750 v/ph) ở gối đỡ cứng có mức rung động không đáng kể, nhưng biên độ rung động được phát hiện trên gối đỡ mềm là rất lớn so với gối đỡ cứng. Qua đây có thể thấy rằng gối đỡ mềm rất nhạy ở tốc độ thấp.

- Để đo được cùng giá trị rung động đã đo được trên gối đỡ mềm ở tốc độ n1 thì trên gối đỡ cứng tốc độ phải tăng lên gần gấp đôi. Điều này khẳng định để cân bằng rô-tô trên gối đỡ cứng thì rô-tô cần phải có tốc độ lon hơn so với gối đỡ mềm. Tiến hành cân bằng cho rô-tô ở hai trường hợp: gối đỡ cứng ở tốc độ n2 và gối đỡ mềm ở tốc độ n1 và nhận được kết quả như bảng 2.2

Bảng 2.2. Kết quả cân bằng động trên một mặt phẳng cho rô-tô trên gối đỡ cứng và gối đỡ mềm

Giá trị	Gối đỡ cứng = 1490 (v/ph)			Gối đỡ mềm = 750 (v/ph)		
	Độ lớn	Bán kính (mm)	Pha (°)	Độ lớn	Bán kính (mm)	Pha (°)
Biên độ rung động trước khi cân bằng	3,84 (mm/s)		250	3,9		78
Giá trị đối trọng thử gắn vào	12,2 (g)	60	180	12,2	60	180
Biên độ rung động sau khi gắn đối trọng thử	4,62 (mm/s)		260	5,1		250
Giá trị đối trọng cân bằng	20,5 (g)	60	10	20,5 (g)	60	20
Biên độ rung động sau gắn đối trọng cân bằng	0,28 (mm/s)		285	0,26 (mm/s)		190

Mức rung động của rô-tô sau cân bằng đạt yêu cầu

theo tiêu chuẩn ISO 1940-1:2003. Kết quả cân bằng rô-tô trên hai gối đỡ cứng và gối đỡ mềm cho thấy:

- Thời gian thực hiện quá trình cân bằng trên hai loại gối đỡ là như nhau.

- Khi gắn khối lượng thử có cùng khối lượng và vị trí lên rô-tô thì giá trị rung động, cũng như pha đo được có sự khác nhau đáng kể. Tuy nhiên, khối lượng của đối trọng cần gắn lên để cân bằng rô-tô là như nhau, giá trị của pha lệch không đáng kể. Kết quả rung động sau khi gắn đối trọng cân bằng khác nhau không đáng kể và đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 1940-1:2003. Vì giá trị rung động nằm trong phạm vi cho phép nên dừng kiểm tra ở bước này và không làm thêm bước tinh chỉnh.

### 3. Kết luận

Bài báo phân tích và đánh giá đặc điểm của gối đỡ cứng và gối đỡ mềm thông qua các lần đo thực nghiệm. Kết quả cho thấy để cảm biến của thiết bị cân bằng nhận được giá trị rung động tương đương nhau trong cả hai trường hợp thì tốc độ các chi tiết quay trên gối đỡ cứng có giá trị cao hơn gần gấp đôi so với tốc độ trên gối đỡ mềm. Điều này có nghĩa là trong trường hợp gối đỡ cứng rô-tô cần phải có tốc độ đủ lớn để tạo ra lực rung động tác dụng lên cảm biến. Trong khi đó, rô-tô trên gối đỡ mềm chỉ cần tốc độ thấp để tạo ra cùng lực rung động lên cảm biến. Nói cách khác gối đỡ mềm có độ nhạy cao hơn so với gối đỡ cứng. Mặt khác, trong quá trình cân bằng động trên gối đỡ cứng toàn bộ lực rung động tác dụng lên khung của thiết bị nên cần có biện pháp cố định thiết bị lên nền xưởng trong trường hợp cân bằng đối với các chi tiết có khối lượng lớn hay có mức độ mất cân bằng cao. Ngược lại, khi cân bằng rô-tô trên gối đỡ mềm toàn bộ lực mất cân bằng của rô-tô chỉ làm dao động phần đỡ gối đỡ mà không truyền lên khung của thiết bị. Như vậy có thể khẳng định thiết bị cân bằng động sử dụng gối đỡ mềm có tính linh hoạt cao: dễ dàng di chuyển mà không cần phải cố định thiết bị lên nền xưởng. Đây cũng là vấn đề quan tâm cho việc thiết kế kết cấu gối đỡ trong các máy công nghiệp để hạn chế rung động do sự mất cân bằng gây ra trong quá trình máy làm việc.

### Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Hải (2002), *Phân tích dao động máy*, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.  
 [2]. R. Tiwari (2017), *Rotor Systems: Analysis and Identification*, CRC Press  
 [3]. <http://www.eletrorava.com/en/soft-bearing-horizontal.html>  
 [4]. [www.skf.com](http://www.skf.com)