

Chế tạo thiết bị hỗ trợ cân bằng rôto

Manufacturing supporting devices for rotor balancing

Bùi Minh Hiển

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Email: bui.mhien@gmail.com

Mobile: 0905.268.297

Tóm tắt

Từ khóa:

Thiết bị cân bằng di động; Thiết bị cân bằng cố định; Cân bằng rôto; Thiết bị hỗ trợ; Chế tạo.

Mất cân bằng rôto là một trong những nguyên nhân làm cho máy rung động. Không những vậy lực mất cân bằng do rôto gây ra còn tác dụng lên gối đỡ và nền móng làm giảm tuổi thọ của máy cũng như gây rung động cho nhà xưởng. Một rôto được xem là mất cân bằng khi khối lượng của nó phân bố không đều đi qua tâm quay. Thông thường người ta sẽ sử dụng thiết bị cân bằng động để xác định vị trí và độ lớn của khối mất cân bằng trên rôto thông qua việc phân tích dao động của rôto trong quá trình làm việc. Hiện nay, thiết bị cân bằng động có thể chia làm hai loại chính: thiết bị cân bằng cố định là thiết bị được lắp cố định được lắp đặt cố định trên nền xưởng và dùng để cân bằng các rôto đã được tháo rời, hay chưa lắp đặt trên máy; và thiết bị cân bằng di động là thiết bị cầm tay, không cần lắp đặt trên nền xưởng, được sử dụng để cân bằng các rôto đã được lắp đặt trên máy mà không cần phải tháo rời. Trong bài báo này, đề khai thác triệt để khả năng của thiết bị cân bằng di động hiện có tác giả đề xuất chế tạo thiết bị hỗ trợ cân bằng mà ở đó có thể kết hợp với thiết bị cân bằng di động để cân bằng cho các rôto đã được tháo rời hay các rôto chưa được lắp đặt trên máy. Ưu điểm của thiết bị này giúp chúng ta tiết kiệm được khoản chi phí đầu tư cho các thiết bị cân bằng.

Abstract

Keywords:

Portable balancing machine, Fixed balancing machine, rotor balancing; supporting device; Manufacturing.

Rotor unbalance is one of the common causes of machine vibration. The unbalance in rotor also transmits forces on the bearings and the foundation, reducing the life of machine as well as causing vibrations at the workshop. A rotor is considered unbalance when the weight of rotor distributes unequally through its centerline of rotation. Generally, dynamic balancing machines are used to detect the location and magnitude of the rotor unbalance based on the diagnostic of the rotor's vibration in operation. Dynamic balancing machines can be divided into two main categories: the fixed balancing machine is normally installed on a foundation in a workshop. It is used for balancing removed rotors or those not yet installed in machines; and the portable balancing machine used for balancing rotors installed in machines without removing them. In order to exploit the capabilities of portable balancing machines, in this paper, we propose to manufacture balance supporting devices that can be combined with a portable balancing machine to balance removed rotors or those not yet installed in machines. These supporting devices have the advantage of allowing us to save money on purchasing of different types of balancing machines.

Ngày nhận bài: 20/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 03/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Mục đích chính của việc cân bằng các chi tiết quay (sau đây gọi là rôto) nhằm đảm bảo điều kiện trong quá trình làm việc, cụ thể hơn là đảm bảo mức độ rung động của máy nằm trong giới hạn cho phép khi vận hành. Trong bài báo này, các rôto được xem như cứng tuyệt đối, hay

có thể hiểu là sự biến dạng của rôto không đáng kể khi làm việc. Hầu hết các rôto được cân bằng trước khi lắp đặt trên máy.

Theo tiêu chuẩn ISO mỗi loại thiết bị, máy móc có mức độ rung động cho phép, vì vậy khi cân bằng ta phải dựa trên các tiêu chuẩn này để chọn giá trị phù hợp đối với mỗi loại khác nhau. Các tiêu chuẩn ISO thường được sử dụng trong quá trình cân bằng như: ISO 10876, ISO 7919, và ISO 1940-1.

Có nhiều nguyên nhân gây mất cân bằng đối với rôto, như: mất cân bằng do chế tạo, mất cân bằng do lắp ráp, mất cân bằng trong quá trình vận hành.

Khi rôto bị mất cân bằng nó không những làm cho máy rung động mà còn tác dụng lực lên gối đỡ và nền móng làm giảm tuổi thọ của các chi tiết trong máy hay làm ảnh hưởng đến các máy móc xung quanh. Vì vậy, việc phát hiện mất cân bằng của rôto cần được phát hiện và xử lý sớm nhằm đảm bảo cho máy móc vận hành thông suốt, cũng như nâng cao được tuổi thọ của máy. Việc cân bằng rôto có thể được thực hiện bằng phương pháp cân bằng tĩnh hay cân bằng động. Hai bước cơ bản trong quá trình cân bằng rôto là xác định lượng mất cân bằng và phân bố lại khối lượng của rôto qua tâm quay.

Một số nghiên cứu rất sớm về cân bằng động có thể kể đến như: năm 1962 Blake M. P. đã giới thiệu phương pháp cân bằng mà không cần phải tháo chi tiết cần cân bằng ra khỏi máy, Macduff J. N. [1] năm 1967 đã đưa ra quy trình cân bằng cho các rôto, Baumeister A. J. và Britt C. H. [2] năm 1972 đã đưa ra các bước trong quy trình cân bằng chi tiết trên hai mặt phẳng, Stevensen Jr. E. N [3] năm 1972 giới thiệu về cân bằng máy. Trong thời gian gần đây, nhiều thiết bị hiện đại được chế tạo có thể chẩn đoán và xác định lượng mất cân bằng, vị trí cần phân bố lại khối lượng của rôto có độ chính xác cao.

Tại Việt Nam trong những năm gần đây đã có một số nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm các thiết bị cân bằng động như trong nghiên cứu [4] đã đưa ra nghiên cứu trong việc thu nhận và xử lý tín hiệu rung động nhằm sửa chữa thiết bị cân bằng động IRD Balancing B20 đã bị hỏng phần thu nhận và xử lý tín hiệu trong quá trình cân bằng động, [5] đã giới thiệu nghiên cứu trong đó sử dụng phần cứng của hãng NI và phần mềm LabView để thu nhận tín hiệu và xử lý mất cân bằng cho rôto, [6] đã đề xuất phương án chế tạo thử nghiệm thiết bị cân bằng sử dụng gói mềm dùng cân bằng các rôto có khối lượng bé hơn 15kg.

Hiện nay, thiết bị cân bằng động có độ chính xác cao được nghiên cứu chế tạo và thương mại hóa trên thị trường, các công ty có các thiết bị được thương mại hóa từ rất sớm có thể kể đến như Bruel & Kjaer của Đan Mạch, IRD của Hoa Kỳ. Trong bài báo tập trung phân tích cân bằng đối các chi tiết cần thực hiện chuyển động quay trong quá trình cân bằng, còn gọi là cân bằng động. Do vậy, thiết bị cân bằng động có thể phân thành hai loại sau:

Thiết bị cân bằng di động (cân bằng tại hiện trường): thiết bị này được sử dụng để đo các dao động/rung động ngay trên máy móc có vật quay cần được cân bằng mà không cần phải tháo rời chi tiết cần cân bằng.

Thiết bị cân bằng cố định (đặt cố định tại xưởng): để cân bằng trên thiết bị này, rôto phải được tháo rời khỏi máy và lắp đặt trên thiết bị cân bằng tại nhà máy/xưởng cân bằng.

Mỗi một thiết bị có hạn chế riêng về loại chi tiết cần được cân bằng, do vậy để có thể cân bằng các chi tiết được tháo rời và các chi tiết không tháo rời khỏi máy cần phải đầu tư hai loại thiết bị cân bằng động trên, điều này đòi hỏi khoản đầu tư kinh phí lớn. Nhằm khai thác triệt để khả năng của thiết bị cân bằng di động hiện có, tác giả đề xuất chế tạo thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto để cân bằng cho các rôto đã tháo rời trên thiết bị cân bằng động di động. Như vậy, có thể nói với thiết bị cân bằng di động hiện có và thiết bị hỗ trợ chúng ta có thể cân bằng cho cả hai trường hợp: chi tiết tháo rời và chi tiết đang lắp đặt trên máy.

2. THIẾT BỊ VÀ NGUYÊN LÝ XÁC ĐỊNH LƯỢNG MẤT CÂN BẰNG ĐỘNG

2.1. Thiết bị cân bằng động

Như đã đề cập trong phần trên, thiết bị cân bằng động có thể được phân làm hai loại chính: thiết bị cân bằng di động và thiết bị cân bằng cố định. Ở phần này tác giả sẽ phân tích chi tiết hơn về kết cấu cũng như một số đặc điểm của hai loại thiết bị, đây là cơ sở để lựa chọn kết cấu của thiết bị hỗ trợ cân bằng rôto cần chế tạo.

2.1.1. Thiết bị cân bằng di động

Thiết bị này được sử dụng để đo các dao động/rung động ngay trên máy móc có vật quay cần được cân bằng mà không cần phải tháo rời chi tiết cần cân bằng, hay còn gọi là thiết bị cân bằng tại hiện trường.

Ưu điểm:

- Tiết kiệm chi phí, thời gian do không phải tháo dỡ và lắp đặt lại vật quay, cũng như vận chuyển vật quay về nhà máy/xưởng cân bằng.
- Khi cân bằng trực tiếp trên máy móc, có thể nói xem như cân bằng hệ thống (đối với các rôto có liên kết đối với vật quay được gắn đối trọng cân bằng).

Nhược điểm:

- Không cân bằng được cho các chi tiết đã tháo rời.

Phạm vi ứng dụng:

- Thiết bị cân bằng di động được sử dụng chủ yếu trong ngành công nghiệp sản xuất quạt, nhà máy điện, nhà máy xi măng, luyện kim, hóa chất công nghiệp, thiết bị kiểm tra ô tô, máy công cụ...
- Cho phép cân bằng động các rôto có khối lượng nhỏ cho đến những loại khối lượng lớn đến 20000 kg được thiết kế đặc biệt.

Một số thiết bị cân bằng di động trên thị trường hiện nay như Hình 1. Các thiết bị này ngoài chức năng cân bằng chi tiết trên một hoặc hai mặt phẳng còn có thêm các mô đun chức năng như thu nhận và xử lý tín hiệu dao động sử dụng cho các mục đích chẩn đoán các hư hỏng của các bộ phận khác trong máy như: bánh răng, ổ lăn...



(a)



(b)

Hình 1. Thiết bị cân bằng động di động (a) Model Microlog GX của hãng SKF, (b) Model VIBXPERT II của hãng db PRUFTECHNIK

2.1.2. Thiết bị cân bằng cố định

Để cân bằng trên thiết bị này, rôto phải được tháo rời khỏi máy và lắp đặt trên thiết bị cân bằng tại nhà máy/xưởng cân bằng.

Ưu điểm:

- Độ cứng vững của hệ thống tốt, không chịu tác động của các ngoại lực khác nên máy cho kết quả có độ chính xác cao.
- Có thể thực hiện đồng thời các nhiệm vụ phụ như: sửa chữa, sơn phủ, bảo dưỡng rôto.
- Cân bằng được với các cấp tốc độ khác nhau nhờ hệ thống dẫn động từ động cơ đa cấp hoặc vô cấp tốc độ.

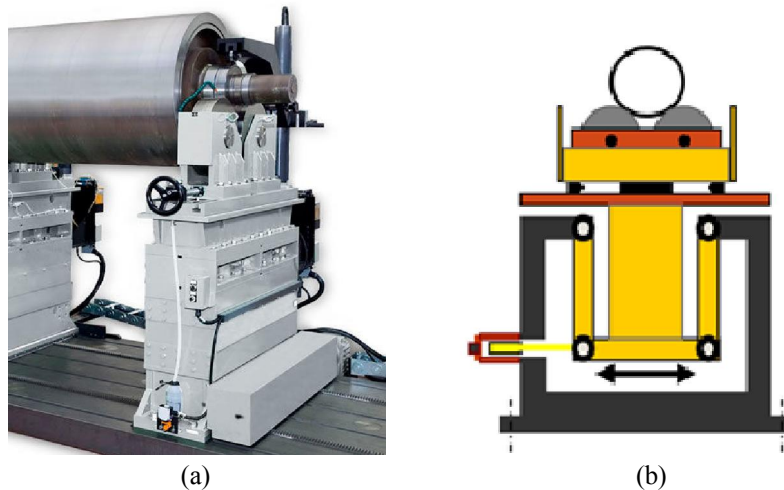
Nhược điểm:

- Phải tháo gỡ chi tiết cân cân bằng và vận chuyển đến vị trí đặt máy cân bằng nên rất bất tiện, đặc biệt đối với các rôto có kích thước và trọng lượng lớn.
- Khó khăn trong việc cân bằng động những loại rôto có tốc độ cao và yêu cầu kiểm soát độ rung nghiêm ngặt.
- Không thuận tiện đối với các rôto không được phép tháo ra, chẳng hạn như cánh quạt bơm nước...

Phạm vi ứng dụng:

- Chủ yếu đặt tại các xưởng cân bằng động chuyên dụng.
- Có khả năng cân bằng động các chi tiết lớn đến rất lớn, đường kính đạt 2000mm chiều dài đạt 6000mm.

Trong thiết bị cân bằng cố định, kết cấu gối đỡ chi tiết là một trong những bộ phận quan trọng và thường sử dụng một trong hai loại sau đây:



Hình 2. (a) Gối đỡ cứng được sử dụng trong máy cân bằng cố định CEMB, (b) Kết cấu gối đỡ mềm [7]

Gối đỡ cứng (Hình 2a): gối đỡ được cố định cứng trên thiết bị cân bằng động, có thể sử dụng liên kết hàn hay bu lông. Đối với thiết bị cân bằng sử dụng gối đỡ cứng thì phần khung và đế của thiết bị phải được cố định trên nền xưởng bằng bu lông nền. Khi sử dụng gối đỡ cứng chi tiết cân bằng thường được thực hiện với số vòng quay thấp hơn so với số vòng quay làm việc thực tế (nhằm giảm lực quán tính tác dụng lên thiết bị). Các cảm biến đo dao động/gia tốc được gắn trên các gối để lấy tín hiệu đến bộ xử lý tín hiệu cũng như phần mềm xử lý mất cân bằng.

Gối đỡ mềm (Hình 2b): chi tiết cân bằng được thiết lập trên gối đỡ mà ở đó gối đỡ có thể dao động (lắc theo phương vuông góc với trục quay) nhờ giá đỡ sử dụng các khớp quay hay khâu mềm (lò xo lá). Nhờ vậy các dao động/rung động của chi tiết trong quá trình cân bằng không truyền lên phần khung/đế của thiết bị. Đối với các thiết bị sử dụng gối đỡ mềm thông thường không cần phải cố định đế thiết bị trên nền xưởng. Khi cân bằng các chi tiết sử dụng gối đỡ mềm

có thể cân bằng ở tốc độ thực tế làm việc của chi tiết. Tương tự, các cảm biến đo dao động/gia tốc được gắn trên các gối đỡ lấy tín hiệu đến bộ xử lý tín hiệu cũng như phần mềm xử lý mất cân bằng.

Bên cạnh đó, trong quá trình cân bằng rôto được truyền động thông qua các cơ cấu như: trục các đăng, dây đai ma sát, truyền động nhờ khí nén. Với các ưu điểm của gối đỡ mềm, tác giả đã chọn gối đỡ mềm và truyền động dây đai ma sát cho rôto trong thiết kế và chế tạo thiết bị hỗ trợ cân bằng động ở phần sau.

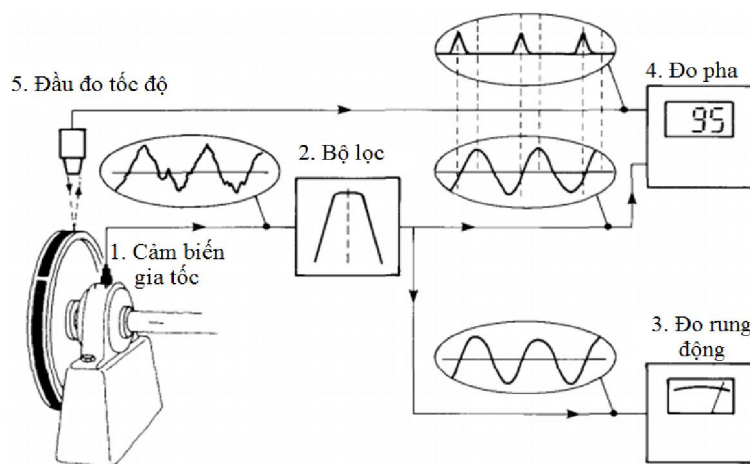
2.2. Nguyên lý xác định lượng mất cân bằng

Rôto được cân bằng khi đối trọng được gắn lên rôto với khối lượng và vị trí mà có thể cân bằng với lượng mất cân bằng trên rôto đó. Do vậy, vị trí và khối lượng của đối trọng cần phải được xác định.

Nguyên lý của việc thực hiện cân bằng động là làm thay đổi sự phân bố khối lượng của rôto bằng cách gắn thêm đối trọng thử và đo pha và cường độ rung động thông qua gối đỡ. Sự ảnh hưởng của đối trọng thử cho phép xác định được đối trọng sửa cần gắn lên rôto để cân bằng.

Thực nghiệm cho thấy nếu lực quán tính do mất cân bằng gây ra thì nó sẽ tác động lên bất kỳ điểm nào trên gối đỡ một lần trên một vòng quay. Vì vậy trong dải tần số của tín hiệu rung động, sự mất cân bằng được xem là sự gia tăng rung động ở tần số quay.

Trên Hình 3, rung động do mất cân bằng gây nên được đo bằng cảm biến gia tốc (1) gắn trên gối đỡ. Tín hiệu rung động được đi qua bộ lọc (2) điều chỉnh tần số quay của rôto, vì vậy chỉ có thành phần của rung động ở tần số quay được đo. Tín hiệu sau khi đã lọc kết hợp với tín hiệu của đầu đo tốc độ (5) để cho hiển thị vị trí (pha) của khối mất cân bằng trên đồng hồ (4) và cường độ rung động trên đồng hồ (3). Cường độ rung động tỉ lệ thuận với lực sinh quán tính ly tâm do khối mất cân bằng gây ra.



Hình 3. Nguyên lý xác định sự mất cân bằng [8]

3. THIẾT KẾ THIẾT BỊ HỖ TRỢ CÂN BẰNG ĐỘNG

3.1. Thông số ban đầu và tính chọn động cơ truyền động

3.1.1. Thông số kỹ thuật ban đầu

Từ yêu cầu thực tế đối với việc cân bằng động các chi tiết có khối lượng vừa và nhỏ, nghiên cứu đề xuất sẽ thiết kế thiết bị hỗ trợ với các thông số như sau:

Cân bằng được chi tiết quay có: khối lượng đến 20kg, đường kính đến 500mm, chiều dài theo hướng trục đến 1000mm, tốc độ cân bằng đạt 800 vòng/phút trong khoảng thời gian 3 giây (hoặc có thể đạt tốc độ cao hơn theo điều chỉnh của biến tần).

Truyền động: sử dụng động cơ xoay chiều 2 pha có biến tần, sử dụng dây đai ma sát để truyền động cho rôto cần cân bằng.

3.1.2. Tính công suất động cơ truyền động

Với các số liệu ban đầu:

$m = 25$ kg: khối lượng rôto cần cân bằng

$r = 0,25$ m: bán kính của rôto cần cân bằng

$n = 1000$ v/ph: số vòng quay rôto cần đạt được khi cân bằng

$t = 30$ s: thời gian rôto đạt được tốc độ 800v/ph tính từ lúc đứng yên

Ta có:

Vận tốc góc và gia tốc của rôto:

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} = \frac{2.\pi.1000}{60} = 104,7 \text{ (rad / s)} \quad (1)$$

$$a = \frac{\omega}{t} = \frac{104,7}{30} = 3,5 \text{ (rad / s}^2\text{)} \quad (2)$$

Mô men quán tính M_{qt} của rôto:

$$M_{qt} = \frac{1}{2}.m.r = \frac{1}{2}.25.0,25 = 3,1 \text{ (Nm)} \quad (3)$$

Lực tác dụng để làm rôto quay:

$$F = M_{qt}.a = 3,1.3,5 = 10,9 \text{ (N)} \quad (4)$$

Công suất tác dụng lên rôto:

$$P_t = \frac{F.V}{1000} = \frac{F.\omega.r}{1000} = 0,285 \text{ (KW)} \quad (5)$$

Hiệu suất truyền động từ động cơ đến rôto:

$$\eta = \eta_d.\eta_{ol}^5 = 0,95.0,99^5 = 0,903 \quad (6)$$

Công suất cần thiết để truyền động cho rôto:

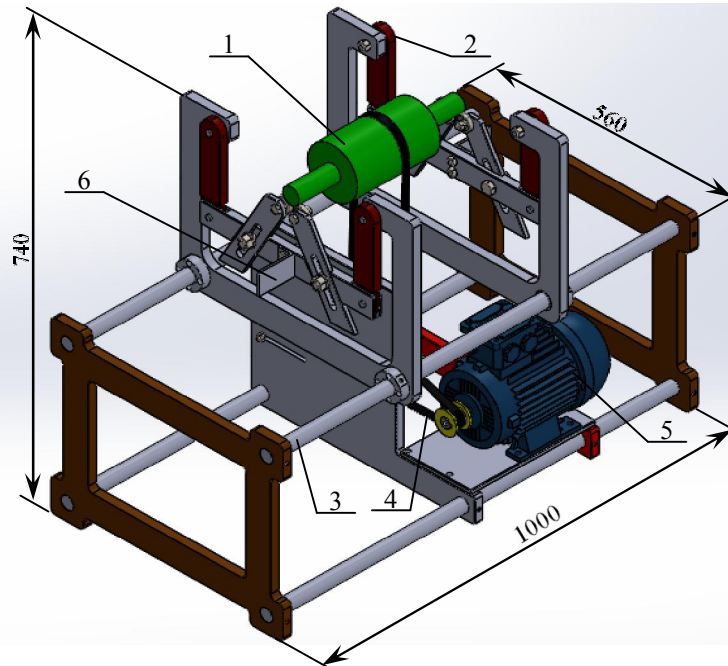
$$P_{ct} = \frac{P_t}{\eta} = \frac{0,285}{0,903} = 0,316 \text{ (KW)} \quad (7)$$

Vậy chọn động cơ điện có công suất $P_{dc} = 0,375$ KW $>$ P_{ct} với số vòng quay 2000 vòng/phút để truyền động cho thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto.

3.2. Kết cấu của thiết bị hỗ trợ cân bằng động

Kết cấu của thiết bị (Hình 4) gồm các phần chính: rôto cần cân bằng (1) được đặt trên các con lăn của gối đỡ mềm (2), khoảng cách của các gối đỡ có thể thay đổi được nhờ các ray trượt (3) để phù hợp với các kích thước và kết cấu của rôto cần cân bằng, dây đai ma sát (4) được sử

dụng để truyền động cho rôto từ động cơ (5), hai cảm biến đo rung động của thiết bị cân bằng động di động được gắn trên gối đỡ mềm ở các vị trí (6). Ngoài ra, cảm biến số vòng quay được đặt trên giá cố định để đo số vòng quay thông qua miếng phản quang được dán trên rôto.



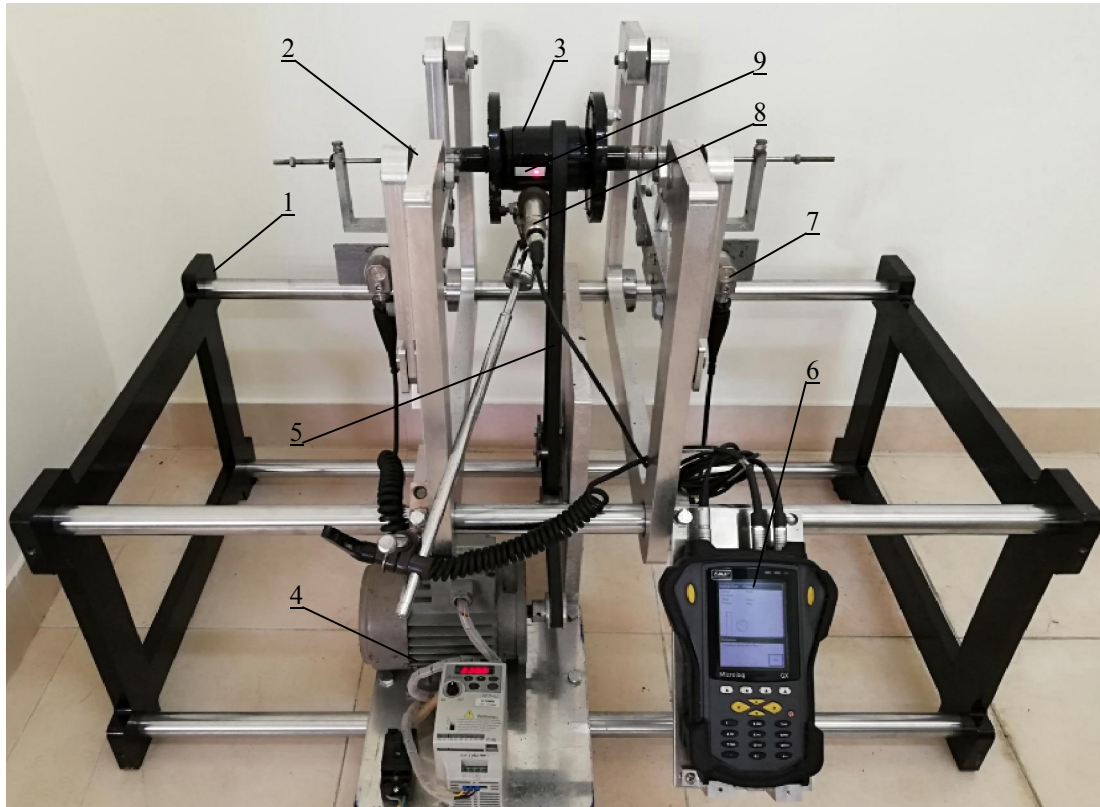
Hình 4. Kết cấu thiết bị hỗ trợ cân bằng động

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

4.1. Kết nối thiết bị hỗ trợ cân bằng động rotor và thiết bị cân bằng di động

Trên Hình 5 biểu diễn sự kết nối giữa thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto đã được chế tạo với thiết bị cân bằng di động SKF Microlog GXM, trong đó:

- Thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto gồm có: (1) khung máy có 4 trụ trượt cho phép gối đỡ mềm (2) di chuyển theo chiều dọc trục nhằm đáp ứng chiều dài khác nhau của rôto cần cân bằng (3) đặt trên các gối đỡ này, (4) động cơ và bộ biến tần được dùng để thay đổi tốc độ và truyền chuyển động quay cho rôto thông qua dây đai mềm (5).
- Thiết bị cân bằng di động SKF Microlog GXM gồm có: (6) phần máy chính được dùng để phân tích và hiển thị kết quả trong quá trình cân bằng động, kết nối với máy có cảm biến đo rung động (7) của rôto được gắn trên phần di động của gối đỡ mềm, cảm biến laser (8) dùng để đo số vòng quay của rôto trong quá trình thực hiện cân bằng động thông qua miếng phản quang (9) dán trên rôto. Vị trí của miếng phản quang trên rôto cũng được xem là vị trí góc 0° để xác định khối mất cân bằng của rôto.



Hình 5. Kết nối thiết bị hỗ trợ cân bằng động và thiết bị cân bằng động SKF Microlog GX

4.2. Kết quả cân bằng động rotor

Thiết bị cân bằng di động SKF Microlog GX có thể được sử dụng để cân bằng động cho chi tiết trên một mặt phẳng (sử dụng một cảm biến đo rung động) hay hai mặt phẳng (sử dụng hai cảm biến đo rung động gắn trên gối đỡ mềm).

Lần lượt tiến hành thực nghiệm cân bằng trên một mặt phẳng và hai mặt phẳng với mẫu thử là rôto của động cơ điện có đường kính 130mm, chiều dài 300mm, khối lượng 4kg đạt được các kết quả như bên dưới. Trong quá trình thực nghiệm lượng mất cân bằng của rôto được giá định bằng cách gắn một khối lượng ở một vị trí bất kỳ nào đó trên rôto.

Các bước thực hiện cân bằng động trên thiết bị sau khi kết nối thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto và thiết bị cân bằng di động:

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 băng keo phản quang để xác định vị trí góc 0, cũng như 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 động SKF và lựa chọn chương trình cân bằng động một mặt phẳng, cũng như các thông số khác.

Bước 5: Thực hiện bước chạy tham khảo để xem giá trị mất cân bằng của rôto, dựa trên đặc tính của của thiết bị trong tiêu chuẩn ISO 1940-1:2003(E) 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 xem kết quả, 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 để giảm mức rung động.

Kết quả cân bằng động được thể hiện qua bảng bên dưới:

Bảng 1. Kết quả cân bằng động rôto trên một mặt phẳng

Chi tiết cân bằng: Rôto động cơ điện		Đơn vị rung động: mm/s	
Số vòng quay (vòng/phút): 810		Đường ký rotor (mm): 130	
Nội dung	Độ lớn	Bán kính (mm)	Pha (°)
Rung động trước khi cân bằng	13,8 (mm/s)		306
<i>Đối trọng lượng thử</i>	<i>17,3</i> (g)	55	180
Rung động khi đặt khối lượng thử	1,5 (mm/s)		178
<i>Đối trọng cân bằng 1</i>	<i>5,01</i> (g)	55	165
<i>Đối trọng cân bằng 2</i>	<i>11,2</i> (g)	55	180
Rung động sau cân bằng	0,572 (mm/s)		252

Mức rung động của rôto sau cân bằng đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 1940/1:2003(E) [9]. Trong Bảng 1 có hai đối trọng cân bằng 1 và 2 được sử dụng để sửa lượng mất cân bằng trên rôto vì tại vị trí của thiết bị báo cần gắn đối trọng cân bằng không phù hợp (không thể gắn hoặc khó khăn) nên ta có thể chia thành 2 đối trọng ở 2 vị trí khác nhau.

Bảng 2. Kết quả cân bằng động rôto trên hai mặt phẳng

Chi tiết cân bằng: Rôto động cơ điện		Đơn vị rung động: mm/s				
Số vòng quay (vòng/phút): 805		Đường ký rotor (mm): 130				
Nội dung	Mặt phẳng 1			Mặt phẳng 2		
	Độ lớn	Bán kính (mm)	Pha (°)	Độ lớn	Bán kính (mm)	Pha (°)
Rung động trước khi cân bằng	6,58 (mm/s)		358	6,88 (mm/s)		354
<i>Đối trọng thử trên mặt phẳng 1</i>	<i>23,6</i> (g)	55	180			
Rung động khi đặt khối lượng thử trên mặt phẳng 1	3,81 (mm/s)		200	4,54 (mm/s)		191
<i>Đối trọng thử trên mặt phẳng 2</i>				<i>23,6</i> (g)	55	0
Rung động khi đặt khối lượng thử trên mặt phẳng 2	21,4 (mm/s)		311	21,4 (mm/s)		313
<i>Đối trọng cân bằng</i>	<i>10,5</i> (g)	55	164	<i>2,9</i> (g)	55	259
Rung động sau cân bằng	0,747 (mm/s)		334	0,637 (mm/s)		332

Mức rung động của rôto sau cân bằng đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 1940/1:2003(E).

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu một nghiên cứu trong thiết kế và chế tạo thiết bị hỗ trợ cân bằng động rôto nhằm mục đích phối hợp với thiết bị cân bằng di động hiện có để cân bằng rôto. Với sự kết hợp này cho phép chúng ta tiết kiệm kinh phí trong việc đầu tư thiết bị cân bằng rôto. Kết quả ban đầu cho phép cân bằng các rôto có khối lượng, kích thước vừa và nhỏ. Với kết quả đạt được, nghiên cứu có thể phát triển để chế tạo thiết bị hỗ trợ cân bằng cho các rôto có kích thước lớn.

Nhằm đánh giá độ chính xác của thiết bị, trong thời gian đến tác giả sẽ thực hiện việc phân tích và so sánh kết quả cân bằng trên thiết bị đã được chế tạo với các thiết bị chuẩn của các nhà sản xuất thiết bị cân bằng cố định có uy tín.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng trong đề tài mã số B2016-ĐN02-07.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Blake M. P., 1962. Blancing without dismantling. *Southern Power & Industry*, 30-31.
- [2]. Baumeister A. J. and Britt C. H., 1972. Two-plane balancing - step by step. *Power*, 76-77.
- [3]. Stevensen Jr. E. N., 1972. Balancing of machines. *Journal of Engineering for Industry, Transactions of the ASME, 72-Mech-52*, pp. 1-7.
- [4]. Đỗ Đức Lưu, Lại Huy Thiện, Lưu Minh Hải, 2015. Đảm bảo thiết bị truyền tin cho cân bằng động rô-to cứng đặt trên máy cân bằng động. *Tạp chí giao thông vận tải*.
- [5]. Trần Tiến Anh, 2015. Nghiên cứu dao động của máy rôto đặt trên gối đỡ vòng bi khi thay đổi trạng thái cân bằng và không đồng trục. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải*, 43: 13-16.
- [6]. Trần Thanh Lam, 2016. Nghiên cứu, đề xuất phương án thiết kế, chế tạo thử nghiệm máy cân bằng động sử dụng gối mềm. *Khoa học Giáo dục Kỹ thuật*, 37: 82-86.
- [7]. <http://www.irdbalancing.com/balancing-machines-types%2C-classification%2C-and-methods.html>, truy cập ngày 15/6/2018.
- [8]. M. MacCamhaoil, 2016. Static and dynamic balancing of rigid rotors, *Bruel & Kjaer Application notes*, 1-20.
- [9]. ISO 1940-1:2003(E), Mechanical vibration - Balance quality requirements for rotors in constant (rigid) state. *International Organization for Standardization*.