

NGHIÊN CỨU, ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM MÁY CÂN BẰNG ĐỘNG SỬ DỤNG GỐI MỀM RESEARCH, DESIGN AND FABRICATION DYNAMIC BALANCING MACHINE USING FLEXIBLE BEARINGS

Trần Thanh Lam

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 04/7/2016, ngày phản biện đánh giá 09/7/2016, ngày chấp nhận đăng 11/7/2016

TÓM TẮT

Máy cân bằng động là một trong các thiết bị đo kiểm quan trọng để đánh giá, xác định vị trí và lượng mất cân bằng động của chi tiết quay. Máy thường được thiết kế dựa theo nguyên lý sử dụng gối cứng dùng cảm biến đo lực hoặc nguyên lý gối mềm dùng cảm biến đo dao động. Hiện tại các máy cân bằng động được nhập ngoại hoặc được một vài doanh nghiệp trong nước cung cấp với giá thành rất cao. Để đáp ứng nhu cầu nghiên cứu và đào tạo cũng như từng bước làm chủ công nghệ trên diện rộng, một máy cân bằng động sử dụng gối mềm có khả năng xác định lượng mất cân bằng cho chi tiết vật quay < 15 kg, sử dụng cảm biến MPU-6050 và Encoder 2048 xung/vòng đã được nghiên cứu, chế tạo. Tín hiệu do cảm biến đo gắn trên gối đỡ đo khoảng dao động, lượng mất cân bằng trên vật quay sẽ được thu nhận và lưu trong bộ nhớ của bộ vi điều khiển dsPIC30F4011, sau đó được máy tính xử lý, tính toán cung cấp các thông tin tương ứng. Kết quả kiểm nghiệm đối chứng cho thấy máy cân bằng động sử dụng gối mềm đã chế tạo đạt độ chính xác G6.3 (ISO 1940).

Từ khóa: máy cân bằng động; gối mềm; cảm biến MPU 6050; vi điều khiển dsPIC30F4011

ABSTRACT

Dynamic balancing machine is one of the important test devices to determine the location and amount of unbalance of rotor. Machines are often designed basing on the principle of using hard bearings for force measurement sensors or flexible bearings for oscillation sensors. Currently, the machines are imported machines or offered from a few domestic enterprises with very high costs. To meet the needs of research and training as well as to gradually master the technology on a large scale, a dynamic balancing machine using flexible bearings which can determine the amount of unbalance for rotor < 15 kg, has been manufactured. The measured vibration signal by the sensor mounted on the bearings are collected and stored in the microcontroller dsPIC30F4011, then processed computer to provides calculation for corresponding information. Test results show that the dynamic newly manufactured balancing machines using flexible bearings accuracy about G6.3 (ISO 1940).

Keywords: dynamic balancing machine; flexible bearings; sensor MPU 6050; encoder 2048 PPR; microcontroller dsPIC30F4011.

1. GIỚI THIỆU

Máy cân bằng động là thiết bị dùng để cân bằng các chi tiết quay như rotor, tuabin, cánh quạt, bơm để giảm lực li tâm trong quá trình hoạt động, là một trong những nguyên

nhân chính gây ra rung động. Hiện nay, máy cân bằng động có trên thị trường trong nước đang được thiết kế dựa theo 2 nguyên lý cơ bản: cân bằng động sử dụng gối cứng [1] dùng cảm biến đo lực và cân bằng động sử dụng gối mềm [4] dùng cảm biến đo dao động.

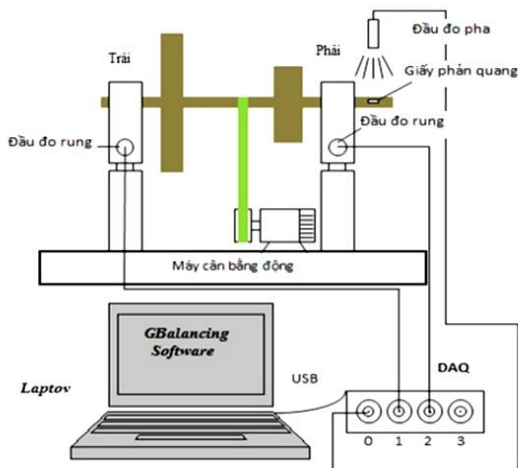
Với mục đích làm chủ công nghệ cân bằng động, tránh phụ thuộc vào công nghệ, thiết bị nước ngoài, phục vụ cho đào tạo và nghiên cứu, một máy cân bằng động đã được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo. Phương án đề xuất sử dụng gối mềm cho lần đầu tiên chế tạo thử nghiệm để dễ dàng phát hiện dao động do chi tiết quay mất cân bằng gây ra ở tốc độ thấp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên lý thiết kế

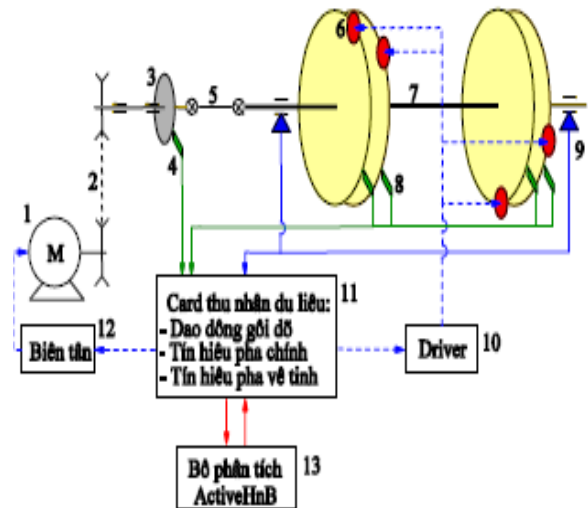
Nguyên lý hoạt động của máy cân bằng động gối mềm được mô tả như sau: khi rotor quay, tín hiệu rung động do mất cân bằng sẽ tập trung ở 2 gối đỡ, ở đó đặt các cảm biến để thu nhận tín hiệu dao động, đưa tín hiệu về bộ xử lý trung tâm, chương trình máy tính sẽ tính toán ra khối lượng mất cân bằng U (g) và vị trí (góc pha).

Một số phương thức hoạt động của máy cân bằng động sử dụng gối mềm được trình bày ở hình 1 và hình 2.



Hình 1. Phương án 1

Theo phương án 1, sử dụng truyền động đai, trục cứng, cảm biến quang đo pha, cảm biến đo rung tại 2 gối đỡ để xác định vị trí và lượng mất cân bằng.



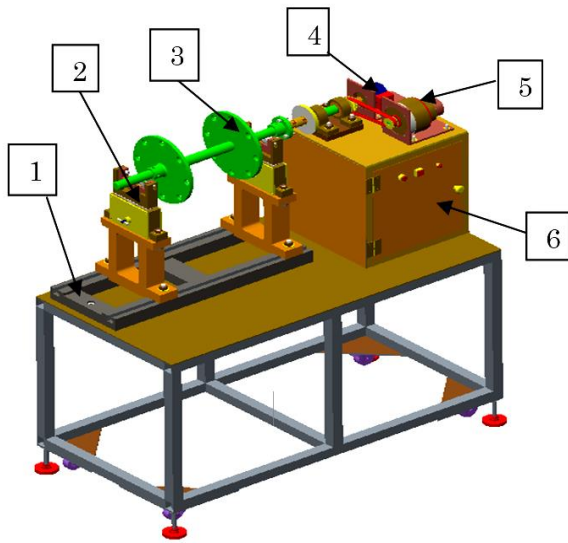
Hình 2. Phương án 2

Trong phương án 2, trục mang chi tiết quay được kết nối với hộp tốc độ (đai) bằng cơ cấu cac-đăng, sử dụng encoder xác định góc pha, cảm biến đo rung tại 2 gối đỡ.

Từ hai phương án trên, một phương án kết hợp đã được đề xuất: sử dụng trục mềm (cơ cấu cac-đăng) của phương án 2 có độ ổn định cao, sử dụng cảm biến đo dao động của phương án 1 cho phép hệ thống có thể xác định vị trí, khối lượng mất cân bằng chính xác, ổn định và nhanh hơn. Phương án kết hợp có các bộ phận chính sau: bộ máy (có khả năng chống rung + cộng hưởng), gối đỡ mềm, cảm biến đo rung (cảm biến cảm ứng từ MPU-6050) để dễ dàng xác định dao động, Encoder xác định vị trí (góc pha), card thu nhận tín hiệu, bộ truyền động điện (động cơ và mạch điều khiển tốc độ), phần mềm xử lý tín hiệu, CPU (máy tính).

2.2. Kết cấu

Từ phương án kết hợp đã lựa chọn, thiết kế kết cấu máy cân bằng động gối mềm được xác định như ở hình 3.

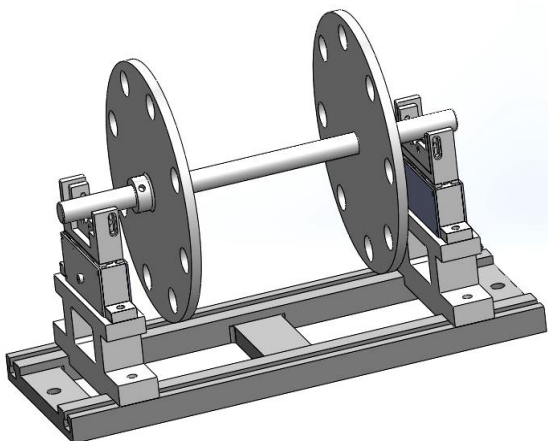


1. Bệ máy (Bệ máy); 2. Gói đỡ mềm (dao động)
 3. Vật quay (Rotor); 4. Encoder
 5. Động cơ DC truyền động;
 6. Tủ điện điều khiển

Hình 3. Thiết kế kết cấu máy cân bằng động sử dụng gói mềm

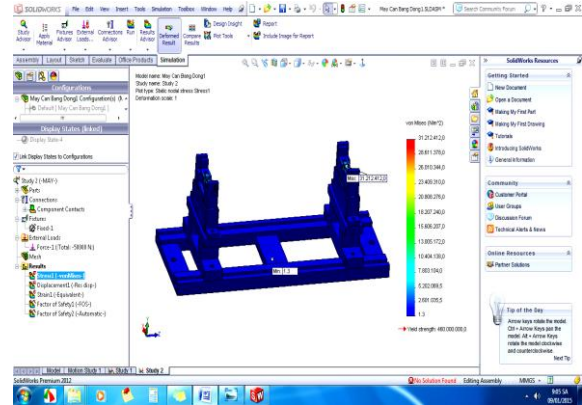
2.3. Kiểm nghiệm

Với kết cấu đã đề xuất, ta thấy bệ máy và 2 gói đỡ là hai kết cấu chính chịu tải trọng của rotor. Do vậy, cần tính toán phân tích đánh giá 2 cụm trên để kiểm nghiệm ứng suất và chuyển vị. Công việc phân tích đánh giá được thực hiện bằng công cụ CAE trong phần mềm Solidwork như hình 4.



Hình 4. Mô hình kiểm nghiệm CAE 3D

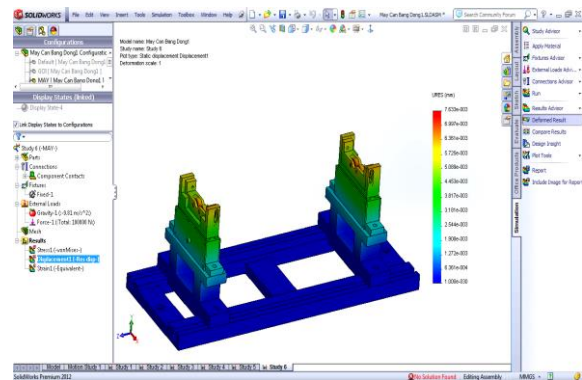
Tải trọng $P = 1000 \text{ N}$ phân bố đều trên 2 gói đỡ, ta có kết quả phân tích ứng suất:



Hình 5. Kết quả phân tích ứng suất

Hình 5 cho thấy, hệ số an toàn $K = 14.74$, vậy kết cấu vẫn đảm bảo an toàn.

Cũng áp dụng tải trọng $P = 1000 \text{ N}$ phân bố đều trên 2 gói đỡ để phân tích chuyển vị, ta có kết quả sau:



Hình 6. Kết quả phân tích chuyển vị

Như vậy, với giá trị độ chuyển vị lớn nhất $\mu_{\max} = 0.015$ cho thấy, lượng chuyển vị này trong khoảng cho phép (theo ISO 1940).

Qua các kết quả phân tích, đánh giá trên; có thể đi đến kết luận: kết cấu máy có thể làm việc với $P_{\max} = 1000 \text{ N}$.

3. CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM

3.1. Chế tạo

Xuất phát từ nguyên lý máy cân bằng động sử dụng gói mềm, phương án thiết kế và kết cấu máy đã được kiểm nghiệm, một máy cân bằng động sử dụng gói mềm được chế tạo thử với các thông số kỹ thuật sau: $D_{\max} = 300$, chiều dài vật quay: $L_{\max} = 600$,

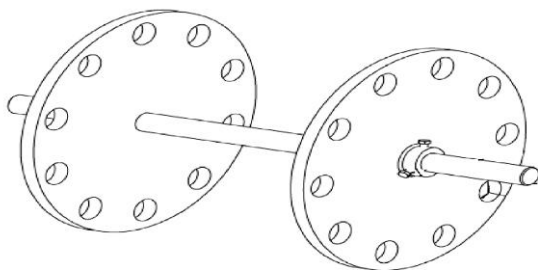
khối lượng $M_{max} = 30\text{kg}$, cảm biến đo góc MPU - 6050 tại 2 gói đỡ, encoder 2048 xung/vòng, vi điều khiển dsPic30F4011, động cơ 24VDC – 60W thể hiện hình 7.



Hình 7. Máy cân bằng động gói mềm

3.2. Thử nghiệm

Thử nghiệm độ chính xác và độ tin cậy của máy đã chế tạo được thực hiện như sau, cho trục quay mẫu có biên dạng như hình 8 :



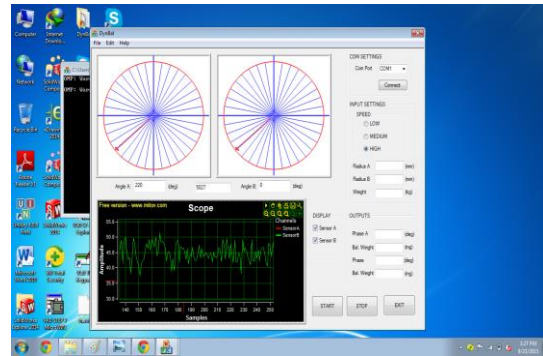
Hình 8. Trục quay mẫu

Trục mẫu bao gồm : trục $\Phi 30$ có gắn 2 đĩa tròn $\Phi 200$, $L = 500$, $M = 8\text{kg}$. Dán khối lượng thử $m_t = 100\text{g}$ tại đĩa bên phải, khoảng cách lệch tâm $e = 80$.

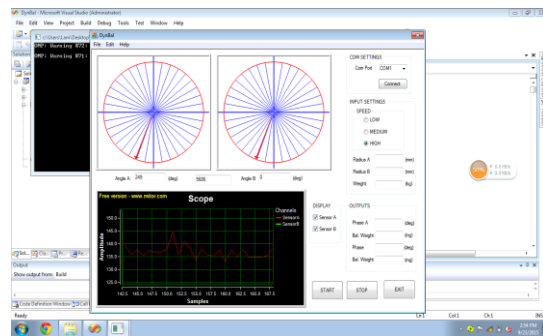
Thử nghiệm với nhiều cấp tốc độ khác nhau: $n = 100, 200, 300, 400, \dots, 2000$ vòng/phút nhằm đo và đánh giá tín hiệu dao động thu được (đặc biệt là tín hiệu nhiễu).

Qua quá trình hoạt động cho thấy tín hiệu đo dao động thu được ổn định. Bằng cách sử dụng phương pháp các hệ số ảnh hưởng ICM [2] và biến đổi FFT ta có thể xác định khối lượng mất cân bằng và góc pha (vị trí).

Kết quả đo dao động khi khóa cả 2 gói đỡ được trình bày ở hình 9 và 10.

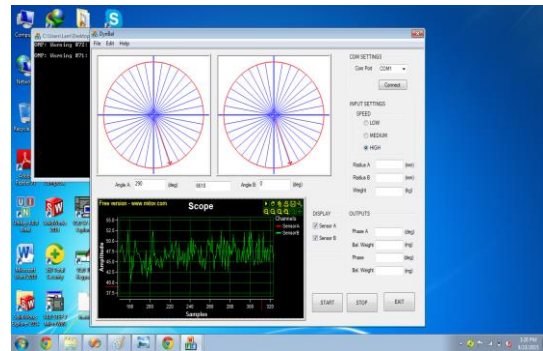


Hình 9. Tín hiệu thu được tại gói bên trái

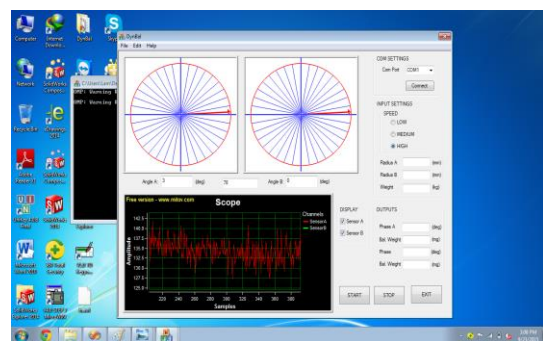


Hình 10. Tín hiệu thu được tại gói bên phải

Kết quả đo dao động khi 2 gói đỡ không khoá (tự do) được thể hiện qua hình 11, 12.



Hình 11. Tín hiệu thu được tại gói bên trái



Hình 12. Tín hiệu thu được tại gói bên phải

Nhận xét: từ các kết quả đo được (hình 9 -12) cho thấy các ứng xử của kết cấu máy phù hợp với tiêu chuẩn (ISO 1940).

4. KẾT LUẬN

- Phương án thiết kế kết hợp sử dụng trực tiếp mô-đun (cơ cấu các-đăng) và cảm biến đo dao động là phương án khả thi, cho phép xác định nhanh vị trí, khối lượng mất cân bằng của chi tiết quay. Phương án thiết kế đã được phân tích, đánh giá bằng công cụ CAE trong phần mềm SolidWorks.
- Kết cấu máy với các bộ phận chính: bộ máy (có khả năng chống rung + cộng

hưởng), gối đỡ mềm, cảm biến đo rung cảm ứng từ MPU-6050 để xác định dao động, encoder 2048 xung/vòng và vi điều khiển dsPic30F4011 xác định góc pha (vị trí), card thu nhận tín hiệu, bộ điều khiển tốc độ động cơ cùng phần mềm xử lý tín hiệu trên máy tính đã được chế tạo thành công.

- Máy có khả năng xác định vị trí và lượng mất cân bằng cho chi tiết vật quay < 15 kg. Kết quả kiểm nghiệm đối chứng cho thấy máy cân bằng động sử dụng gối mềm đã chế tạo đạt độ chính xác G6.3 (ISO 1940).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Kiều Nhi, *Thiết kế chế tạo máy cân bằng*, đề tài NCKH mã số đề tài B94.02.78, Trường đại học Bách Khoa Tp. HCM, 1996.
- [2] Dyer S.W and Ni J., *Adaptive Influence – Coefficient Control of Single Plane Active Balancing Systems*, Manufacturing Science and Engineering, ASME – IMECE 1999, MED – 10, pp. 745-755.
- [3] Đinh Gia Tường, Tạ Khánh Lâm, *Nguyên lý máy - Tập I*, NXB KH&KT, Hà Nội, 1995.
- [4] Trần Doãn Tiến, *Máy cân bằng động*, NXB KH&KT, Hà Nội, 1986.
- [5] Lê Đình Tuấn, Võ Thái Bình, Hoàng Hữu Chung, Nguyễn Thiện Lãnh, *Cân bằng tùy động monorotor*, Khoa Kỹ thuật Giao thông, Đại học Bách khoa, thành phố Hồ Chí Minh, 2004
- [6] N.V.Kolexnik, *Khử rung cho máy (dịch từ tiếng Nga)*, NXB KH&KT, Hà Nội, 1970.
- [7] ISO 1940 -1/2003, *Balance quality requirements for rotors in a constant rigid state*.
- [8] Ali M. Al-Shurafa, *Determination of Balancing Quality Limits*, Saudi Electricity Company - Ghazlan Power Plant, ashurafa@hotmail.com, 2003.
- [9] Jean Marc PUGNET, *Equilibrage des rotors rigides et flexible*, Techniques de l'Ingénieur, Traité Mécanique, BM 5130-1, 1997.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết

ThS. Trần Thanh Lam
 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
 Email: lamtt@hcmute.edu.vn