

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO LƯỜNG TẦN SỐ DAO ĐỘNG RIÊNG SỬ DỤNG GIẢI PHÁP SIMCENTER SCADAS XS

RESEARCH AND APPLICATION OF MECHANICAL PART'S NATURAL
VIBRATION FREQUENCY MEASUREMENT BY SIMCENTER SCADAS XS

Vũ Tiến Dũng, Trần Văn Thực*

Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Dao động riêng là một hiện tượng phổ biến trong các bộ phận cơ khí. Khi chịu tác động của ngoại lực, các bộ phận cơ học dao động ở tần số riêng của chúng. Sự dao động của các bộ phận cơ khí có thể gây hư hỏng và giảm tuổi thọ của thiết bị. Do đó, điều cần thiết là phải tính toán và đo đạc được dao động riêng của các bộ phận cơ khí để đảm bảo máy móc hoạt động bình thường. Trong bài báo này trình bày việc ứng dụng đo lường tần số dao động riêng của chi tiết cơ khí sử dụng giải pháp của Siemens Simcenter Scadas XS so sánh đối chiếu với kết quả tính toán và mô phỏng với đối tượng là tấm phẳng đồng chất bằng vật liệu thép CT3.

Từ khóa: Đo tần số dao động riêng; Simcenter Scadas XS.

ABSTRACT

Natural vibration is a common phenomenon in mechanical parts. When subjected to an external force, mechanical parts vibrate at their natural frequency. The vibration of mechanical parts can cause damage and reduce the service life of the equipment. Therefore, it is essential to understand the natural vibration of mechanical parts to ensure proper functioning of machinery. This paper presents the application of measuring the natural vibration frequency of mechanical parts using the solution of Siemens Simcenter Scadas XS, comparing and contrasting with the calculation and simulation results with the object being a homogeneous flat CT3 steel plate.

Keywords: Natural vibration frequency measurement; Simcenter Scadas XS.

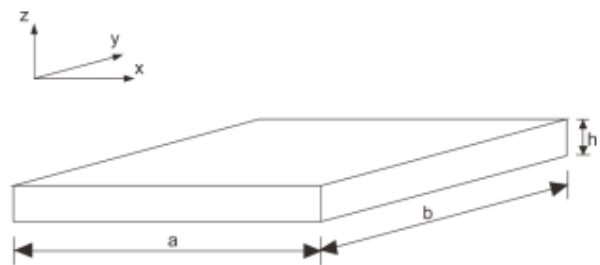
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các thiết bị máy móc cũng như hệ thống cơ khí, rung động là một hiện tượng phổ biến đồng thời có thể gây ra sai số gia công cũng như thiệt hại đáng kể cho thiết bị và dẫn đến thời gian ngừng hoạt động và chi phí sửa chữa tốn kém. Do đó, đo lường và phân tích rung động là rất quan trọng để đảm bảo hoạt động trơn tru của các hệ thống cơ khí [1]. Đo độ rung là cần thiết vì nó có thể cung cấp thông tin về tình trạng của thiết bị cơ khí. Rung động quá mức có thể là dấu hiệu của sự sai lệch, mất cân bằng, mài mòn hoặc các vấn đề cơ học khác. Bằng cách đo độ rung, các kỹ sư có thể phát hiện sớm các sự cố này, ngăn ngừa hư hỏng thêm và giảm khả năng hỏng hóc thiết bị. Hơn nữa, phép đo độ rung cũng có thể giúp tối ưu hóa hiệu suất của máy móc, dẫn đến tăng hiệu năng và tuổi thọ. Ngày nay, có một số kỹ thuật để đo độ rung, bao gồm các phương pháp tiếp xúc và không tiếp xúc. Các phương pháp tiếp xúc liên quan đến việc sử dụng các cảm biến tiếp xúc vào thiết bị để đo độ rung bao gồm cảm biến gia tốc, đầu dò vận tốc và đầu dò dịch chuyển [2-3]. Các phương pháp không tiếp xúc, chẳng hạn như phép đo độ rung Doppler Laser và phép đo giao thoa ba chiều. Các phương pháp đo tiếp xúc thường phổ biến hơn do dễ sử dụng và chi phí thấp. Một trong các giải pháp đo tiếp xúc được sử dụng trong công nghiệp là Siemens Simcenter Scadas XS đang được sử dụng phổ biến. Bài báo này ứng dụng giải pháp trên để đo dao động riêng của tấm phẳng đồng chất, đồng thời so sánh với các kết quả tính toán và mô phỏng.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN TẦN SỐ DAO ĐỘNG RIÊNG CỦA TẤM PHẪNG

Mỗi vật thể tương ứng với cấu trúc bao gồm có khối lượng, độ cứng của vật thể sẽ có

các dải tần số dao động riêng. Tần số dao động riêng này có ý nghĩa đặc biệt khi chú ý đến việc vật thể chịu các tác động ngoại lực bên ngoài. Nếu lực tác động bên ngoài đó có tần số dao động gần hoặc đúng bằng tần số dao động riêng của vật thể sẽ dẫn đến hiện tượng cộng hưởng. Khi đó, cấu trúc vật thể sẽ bị cộng hưởng dao động với biên độ lớn dẫn đến việc phá hủy vật thể.



Hình 1. Hình dạng và các thông số của tấm phẳng vật liệu thép CT3

Đối tượng tiến hành đo dao động riêng là tấm phẳng đồng chất vật liệu CT3 có kích thước $a \times b \times h$: $284 \times 284 \times 2,7\text{mm}$ và có khối lượng $m = 1,7\text{kg}$.

Từ cơ sở lý thuyết, ta lập được công thức tần số dao động riêng của tấm phẳng.

Công thức tính độ cứng uốn của tấm phẳng:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)} \quad (1)$$

Trong đó: D là độ cứng uốn của tấm phẳng, E là mô-đun đàn hồi của vật liệu (Pa), h là chiều cao (độ dày) của tấm phẳng (mm) và ν là hệ số Poisson.

Công thức tính tần số dao động riêng của tấm phẳng:



$$f_n = \frac{\lambda_n}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{\rho \cdot h}} \quad (2)$$

Trong đó: f_n là tần số dao động riêng của tấm phẳng (Hz), a , h lần lượt là chiều dài và chiều cao của tấm phẳng (mm), ρ là khối lượng riêng của vật liệu (kg/m^3). Tham số λ_n theo tỷ lệ kích thước của tấm phẳng tra theo bảng dưới đây:

Tỷ lệ b/a (chiều rộng/chiều dài)	Giới hạn tham số tần số λ_n		
	1	2	3
2	3,51	5,37	22
1	3,49	8,55	21,4
0,5	3,47	14,9	21,6

3. THIẾT LẬP HỆ ĐO TẦN SỐ DAO ĐỘNG RIÊNG CỦA TẤM PHẪNG

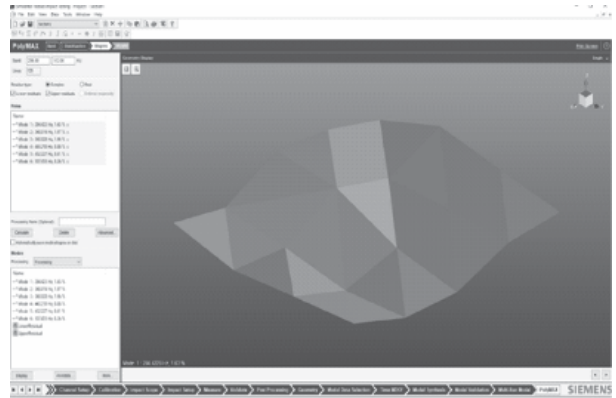
Scadas XS là một hệ thống thu thập dữ liệu cầm tay có khả năng thu được dữ liệu dạng động “dynamic data” tại 50.000 mẫu/giây trên mỗi kênh [4]. Thiết bị có tích hợp Pin để sử dụng thu thập dữ liệu tại hiện trường, sau đó có thể xử lý máy tính với phần mềm Siemens Testlab. Hệ đo Scadas XS và đối tượng đo được bố trí như Hình 2.



a) Siemens Scadas XS b) Gá vật đo và kết nối cảm biến

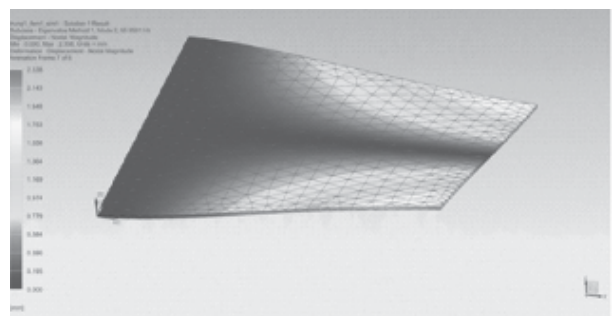
Hình 2. Bộ thiết bị đo rung động tần số Siemens Scadas XS và bố trí vật đo để tiến hành đo tần số dao động riêng.

Quy trình tiến hành đo, đánh dấu các điểm trên tấm phẳng để xác định các điểm tác động lực từ búa, căn chỉnh búa và hệ đo, tiến hành tác động lực đo tổng cộng 20 vị trí trên tấm phẳng. Kết quả thu được trên giải pháp Siemens Simcenter Testlab.



Hình 3. Kết quả các tần số dao động riêng thu được trên Simcenter Testlab

Ngoài đo thực tế và tính toán, nhóm nghiên cứu tiến hành mô phỏng tấm phẳng trên phần mềm NX để tìm tần số dao động riêng bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

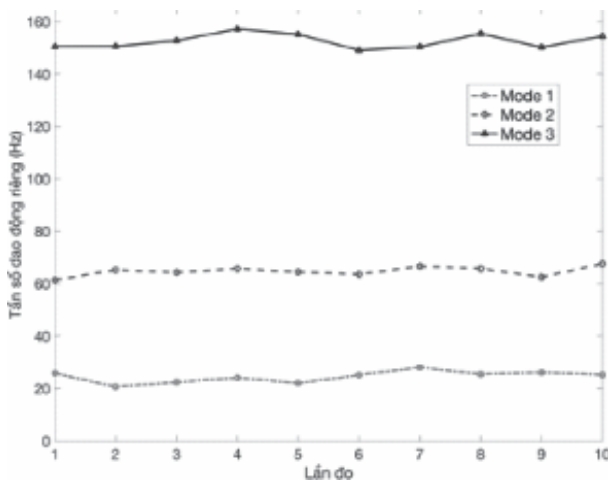


Hình 4. Kết quả tần số dao động riêng thu được trên phần mềm thiết kế mô phỏng NX

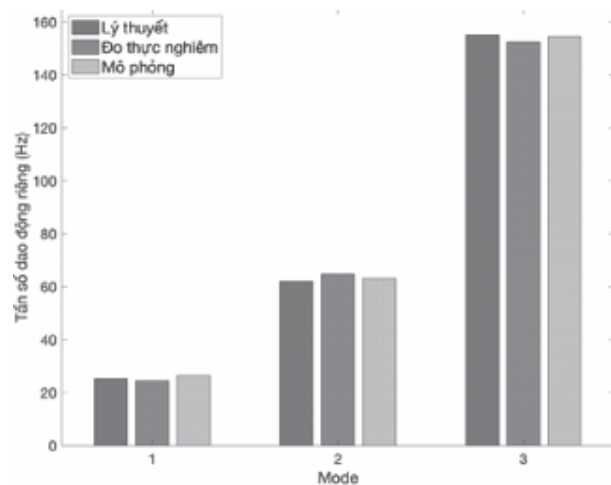
4. KẾT QUẢ VÀ SO SÁNH

Tiến hành 10 lần đo trên thiết bị Scadas XS, thu được kết quả các tần số dao động riêng đơn vị Hz trong bảng sau:

Mode	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Lần 6	Lần 7	Lần 8	Lần 9	Lần 10
1	25,836	20,673	22,452	24,155	22,112	25,164	28,144	25,457	26,145	25,256
2	61,403	65,305	64,347	65,750	64,490	63,569	66,675	65,786	62,540	67,654
3	150,549	150,620	152,785	157,198	155,174	149,124	150,454	155,415	150,267	154,450



Hình 5. Kết quả tần số dao động riêng bằng Simcenter Testlab



Hình 6. So sánh kết quả tần số dao động riêng tầm phẳng

So sánh kết quả tần số tính toán lý thuyết, trung bình kết quả 10 lần đo và kết quả mô phỏng:

Mode	Tần số tính toán lý thuyết (Hz)	Kết quả thực nghiệm trung bình 10 lần đo (Hz)	Kết quả mô phỏng sử dụng NX (Hz)
1	25,287	24,539	26,473
2	61,948	64,752	63,305
3	155,052	152,604	154,620

5. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Qua kết quả của tính toán lý thuyết, đo thực nghiệm và mô phỏng đã chứng minh tính khả thi trong việc ứng dụng giải pháp đo tần số dao động riêng của một chi tiết cơ khí với độ lặp lại cao và sai lệch so với mô phỏng và tính toán dưới 5%, điều này có thể do những thông số ảnh hưởng trong quá trình lấy mẫu và các điều kiện biên mô phỏng. Giải pháp đo tần số và rung động khi ứng dụng kiểm tra các chi tiết cơ khí có thể phát hiện được các rủi ro tiềm ẩn và tối ưu hóa hiệu suất làm việc cũng như giảm thời gian ngưng sản xuất không theo định kỳ [5-6]. Đây là một trong những giải pháp đang được áp dụng trong các nhà máy thông minh trên thế giới.



Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng Thí nghiệm Nhà máy Số thông minh – Đại học Bách Khoa Hà Nội đã cung cấp các giải pháp phần cứng và phần mềm để thực hiện kết quả trong bài báo này. ❖

Ngày nhận bài: **17/5/2023**

Ngày phản biện: **05/6/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Chát, Lê Văn Uyển; *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí* (tập 1, 2). NXB. Giáo dục.
- [2]. Lương Xuân Bính, Đỗ Xuân Quý, Nguyễn Xuân Lự; *Tính toán kết cấu có liên kết dị hướng bằng phương pháp phần tử hữu hạn*. Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ 8, NXB. Bách Khoa Hà Nội, Hà Nội, 57-68, 2007.
- [3]. Nguyễn Xuân Lự; *Phương pháp phần tử hữu hạn*. NXB. Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2007.
- [4]. *Simcenter SCADAS XS provides maximum testing flexibility Combining broad noise and vibration testing functionality*, SIEMENS PLM Software.
- [5]. Đỗ Xuân Quý, Lương Xuân Bính, Hoàng Văn Tuấn, Tạ Thị Hiền, Vũ Thị Nga; *Xác định miền tần số dao động tự do của dầm có liên kết dị hướng bằng phương pháp thực nghiệm*, 12/5/2020.
- [6]. Phùng Văn Bình, Trần Anh Vàng, Hoàng Thị Diệu, Đặng Văn Thúc, Đặng Hoàng Minh; *Nghiên cứu, tính toán tần số dao động riêng nhỏ nhất của lưới cửa trong máy xẻ nhiều lưỡi dạng khung kiểu mới*, 20/7/2019.