

**X c ănh ng su t đo dao ăng xoắn của h trục chân vịt
tàu thủy bằng phương pháp thực nghiệm
USING EXPERIMENTAL METHOD TO DETERMINE THE TORSIONAL
VIBRATION STRESS IN THE PROPELLER SHAFT ASSEMBLY**

ThS. Nguyễn Ngọc Thắng
PGS.TS. Đào Trọng Thắng
Học viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt:

Việc xác định ứng suất do dao động xoắn của hệ trục chân vịt bằng thực nghiệm là việc làm cần thiết, qua đó nhằm đánh giá sự làm việc ổn định, an toàn của hệ trục đồng thời cho phép kiểm chứng lại mô hình tính toán lý thuyết. Bài báo trình bày các nguyên lý đo dao động xoắn hệ trục chân vịt của các thiết bị đo được sử dụng phổ biến hiện nay và kết quả đo dao động xoắn trên tàu TT200 của Hải quân.

Abstract:

Determination of the torsional vibration stress in the propeller shaft assembly by using experimental method is necessary in order to evaluate the safety factor of the shaft and to verify the calculating models. The purpose of this paper is to present some principles of torsional vibration measurements in the propeller shaft assembly and experimental results in TT200 ship.

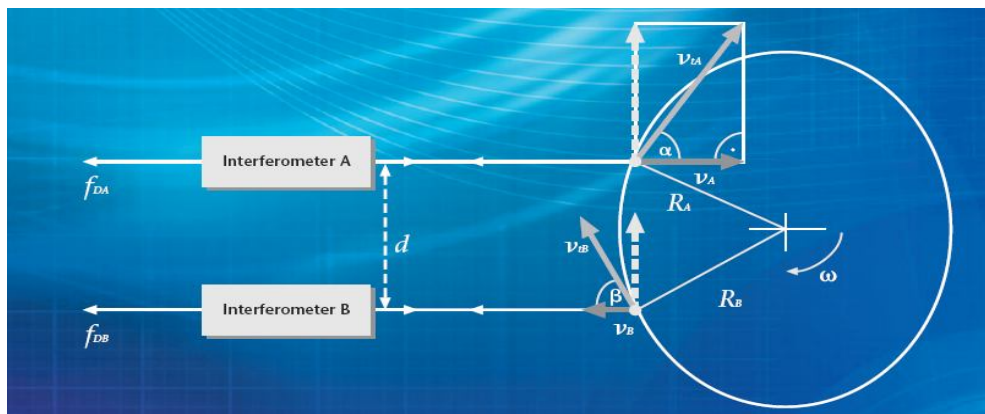
1. Đặt vấn đề

Hiện nay, có nhiều thiết bị đo dao động xoắn dựa trên nguyên lý đo khác nhau, thiết bị Laser dựa trên việc xác định tốc độ tức thời của trục, thiết bị đo dao động xoắn bằng cảm biến biến dạng (strain gages) dựa trên biến dạng đàn hồi của trục, thiết bị E-corder xác định biên độ dao động xoắn tại các đầu tự do của trục,...các thiết bị này cho phép xác định được ứng suất xoắn tại tất cả các tốc độ khác nhau nằm trong dải làm việc của trục. Dưới đây sẽ trình bày nguyên lý đo của thiết bị Laser và thiết bị đo dao động xoắn bằng cảm biến biến dạng.

2. Nguyên lý đo dao động xoắn hệ trục chân vịt tàu thủy

a) Nguyên lý thiết bị Laser

Cơ sở của phương pháp đo này là dựa trên hiệu ứng Doppler. Trên hình 1 thể hiện sơ đồ nguyên lý đo. Đặt 2 tia laser song song chiếu vào 2 điểm trên bề mặt vật quay. Điểm A có bán kính R_A , vận tốc theo phương của tia chiếu là v_A ; điểm B có bán kính R_B vận tốc theo phương của tia chiếu là v_B . Khoảng cách giữa 2 tia laser là d ; bước sóng của 2 nguồn tia laser là λ .



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý đo dao động xoắn bằng thiết bị Laser

Theo hiệu ứng Doppler, tần số Doppler của 2 tia phản hồi thu được sẽ là:

Tại A: $f_{DA} = 2v_A / \lambda = 2(R_A \omega \cos\alpha) / \lambda$; tại B: $f_{DB} = 2v_B / \lambda = 2(R_B \omega \cos\beta) / \lambda$. Tổng hợp hai tần số này ta được: $f_D = f_{DA} + f_{DB} = 2\omega(R_A \cos\alpha + R_B \cos\beta) / \lambda = 2d\omega / \lambda$, do đó: $\omega = f_D \lambda / 2d$. Như vậy ta xác định được tốc độ góc tức thời của vật qua tín hiệu tổng hợp f_D thu được và 2 thông số của hệ thống (bước sóng λ của nguồn tia laser và khoảng cách d giữa 2 tia chiếu). Bằng việc phân tích Fourier kết quả thu được ta sẽ xác định được tốc độ góc trung bình ω_b của vật quay và sự biến thiên (dao động) $\Delta\omega$ của tốc độ này. Lấy tích phân $\Delta\omega$ theo thời gian ta sẽ được góc lệch $\Delta\phi$ do dao động xoắn gây ra.

Ưu điểm chính của phương pháp này là đo không tiếp xúc (non-contact), có thể đo được tại những vị trí có không gian hẹp, tốn ít thời gian cho việc chuẩn bị đo và triển khai lắp đặt thiết bị. Tuy nhiên giá của thiết bị đo bằng laser tương đối cao.

b) *B ng c m bi n bi n dạng (strain gages)*

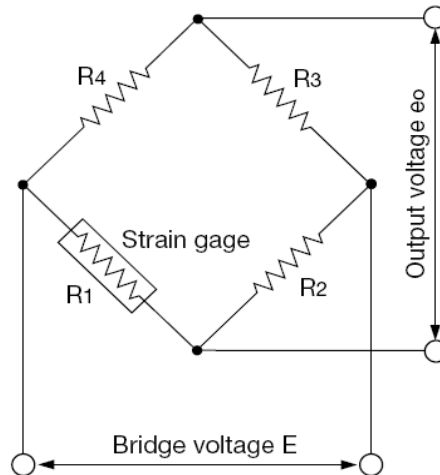
Như chúng ta đã biết, theo định luật Húc: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ (với σ - ứng suất; ε - biến dạng tương đối; E - mô đun đàn hồi khi kéo nén). Mặt khác, theo đặc tính của các dây dẫn kim loại sự thay đổi tương đối của điện trở tỉ lệ thuận với sự thay đổi tương đối của chiều dài:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta L}{L} = k \cdot \varepsilon, \text{ với } R - \text{điện trở ban đầu của dây dẫn; } L - \text{chiều dài dây dẫn;}$$

k - hằng số tỷ lệ (phụ thuộc vật liệu).

Như vậy ta có thể xác định được ứng suất của trục thông qua việc xác định sự thay đổi điện trở của cảm biến bằng cách dán cảm biến biến dạng lên bề mặt của trục. Trên thực tế, do sự thay đổi điện trở của cảm biến là quá nhỏ và rất khó xác định nên người ta thường chuyển sự thay đổi của điện trở sang sự thay đổi của điện áp bằng cách sử dụng cầu Wheatstone. Trên hình 2 là một sơ đồ cầu Wheatstone. Người ta cung cấp một điện áp E cố định tại đầu vào, điện áp đầu ra được xác định theo công thức:

$$e_o = \frac{R1 \cdot R3 - R2 \cdot R4}{(R1 + R2) \cdot (R3 + R4)} \cdot E$$



Hình 2. Sơ đồ cầu Wheatstone

Thông thường $R1 \times R3 = R2 \times R4$ hoặc $R1 = R2 = R3 = R4$ khi đó điện áp đầu ra $e_o = 0$ và cầu được gọi là cầu cân bằng (trạng thái ban đầu).

Giả sử điện trở $R1$ thay đổi một lượng ΔR do biến dạng, khi đó điện áp đầu ra sẽ là:

$$e_o = \frac{(R1 + \Delta R) R3 - R2 R4}{(R1 + \Delta R + R2) (R3 + R4)} E$$

Nếu $R1 = R2 = R3 = R4$ thì:

$$e_o = \frac{R^2 + R\Delta R - R^2}{(2R + \Delta R)(2R)} E = \frac{\Delta R}{2(2R + \Delta R)} E \approx \frac{\Delta R}{4R} E = \frac{1}{4} k \cdot \varepsilon \cdot E$$

Có nhiều sơ đồ đo khác nhau, dựa vào số lượng cảm biến. Thường sử dụng một, hai hoặc bốn cảm biến. Trên hình 3 là sơ đồ cầu đo dùng 4 cảm biến, khi đó điện áp đầu ra được xác định theo công thức:

$$e_o = \frac{1}{4} k(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \cdot E$$

Để xác định ứng suất của trục chịu xoắn, người ta thường dán cảm biến tạo với đường tâm của trục một góc 45° (đây là phương có biến dạng lớn nhất). Khi đó ứng suất xoắn được xác định theo công thức:

$$\tau = \frac{\varepsilon \cdot E}{1 + \nu}$$

với: ε - biến dạng tương đối; E - mô đun đàn hồi; ν - hệ số Poisson.

Mô men xoắn trên đoạn trục:

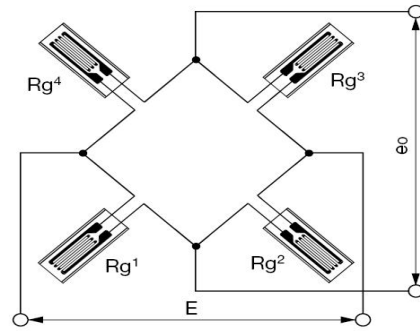
$$M = \tau \cdot W_x = \frac{\varepsilon \cdot E}{1 + \nu} W_x$$

với W_x - mô đun chống xoắn của mặt cắt ngang trục.

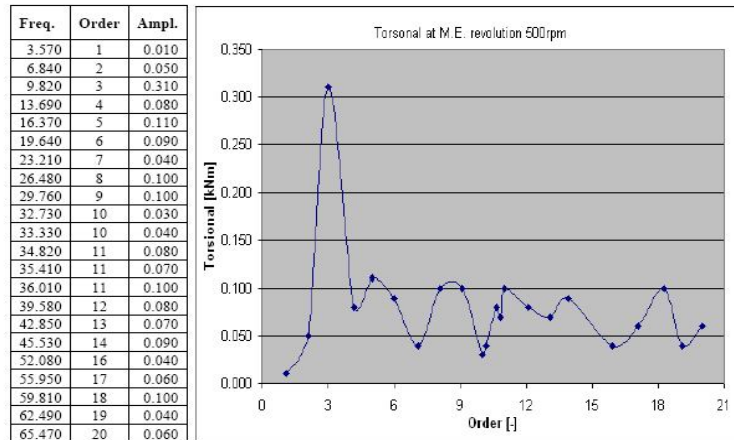
Độ chính xác của kết quả đo theo phương pháp này phụ thuộc rất nhiều vào quá trình dán cảm biến. Để có được kết quả với độ chính xác cao cần phải gia công bề mặt đo một cách kỹ lưỡng và thực hiện dán cảm biến theo đúng quy trình hướng dẫn.

Trên hình 4, 5 là một số kết quả đo dao động xoắn hệ trục chân vịt mạn trên tàu TT20 của Hải quân bằng cảm biến biến dạng. Vị trí điểm đo nằm trên trục trung gian. Tàu TT20 sử dụng chân vịt cố định bước 3 cánh, trên hệ trục có bố trí khớp nối mềm. Động cơ máy chính là động cơ chữ V 16 xy lanh có công suất 2720 KW.

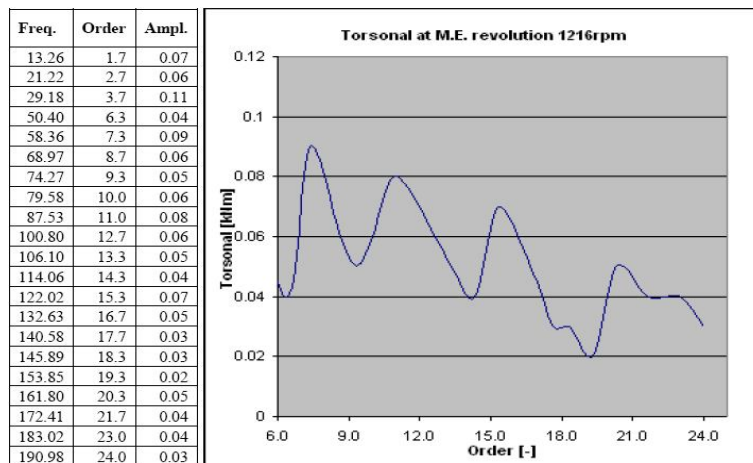
Nhìn vào kết quả đo ta thấy, biên độ dao động xoắn của hệ trục không lớn. Tại tốc độ 500 vg/ph của trục khuỷu (tương ứng với tốc độ 196,2 vg/ph của trục chân vịt) biên độ dao động tại cấp điều hoà thứ 3 là tương đối lớn so với các cấp điều hoà khác. Điều này cho thấy cần phải quan tâm tới lực kích thích từ chân vịt.



Hình 3. S c u o d n g 4 c m b i n



Hình 4. K t q u o d a o đ o n g x o a n t a i t o c đ o 500 vg/ph



Hình 5. Kết quả đo dao động xoắn tại tốc độ 1216 vòng/ph

3. Kết luận

Với các thiết bị đo dao động xoắn hiện nay cho phép xác định ứng suất do dao động xoắn của hệ trục chân vịt một cách nhanh chóng và có độ chính xác cao tại tất cả các tốc độ khác nhau. Dựa vào kết quả đo được có thể đánh giá sự làm việc ổn định, an toàn của hệ trục đồng thời cho phép phân tích, đánh giá sự ảnh hưởng của các nguồn kích thích khác nhau tới hệ trục và làm cơ sở để hiệu chỉnh các mô hình tính toán lý thuyết. Trên một số tàu, còn sử dụng tín hiệu đầu ra của các thiết bị đo dao động xoắn để cung cấp cho thiết bị cảnh báo về sự làm việc an toàn của tàu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Strain Gage Bonding Manual, KYOWA, 2006
- [2] GS-TSKH Franz Holzweißig, GS-TSKH Hans Dresig. *Giáo trình Động lực học máy*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001

Người phản biện: TS. Nguyễn Đại An