

XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG GỐI ĐỖ HỆ TRỤC CHÂN VỊT TÀU THỦY BẰNG PHƯƠNG PHÁP DÙNG KÍCH NÂNG DETERMINING THE BEARING LOAD OF SHIP SHAFTING SYSTEM BY JACK-UP METHOD

MAI THẾ TRỌNG*, VŨ VĂN MỪNG, TRƯƠNG VĂN ĐẠO

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: trongmt.mtb@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Căn chỉnh hệ trục chân vịt tàu thủy là một bài toán phức tạp, đòi hỏi độ chính xác cao. Một trong những nhiệm vụ quan trọng khi căn chỉnh hệ trục là xác định tải trọng gối đỡ. Phương pháp xác định tải trọng gối đỡ bằng kích nâng cho kết quả chính xác với chi phí thấp. Bài báo tập trung nghiên cứu lý thuyết của phương pháp xác định tải trọng gối đỡ bằng kích nâng, xây dựng quy trình đo và áp dụng tính toán cho tàu Fortune Navigator. Kết quả tính toán tải trọng thực tế cho thấy tải trọng thực tế tác dụng lên các gối đỡ nhỏ hơn giá trị cho phép, đáp ứng yêu cầu đặt ra.

Từ khóa: Tải trọng gối đỡ, trục trung gian, kích nâng, căn chỉnh hệ trục.

Abstract

Propeller shaft system alignment of ship is a complex problem that requires high precision. One of the important tasks when aligning the shaft system is determining the bearing load. The method of determining the supporting load by lifting jacks gives accurate results at low cost. The article focuses on studying the theory of the method for determining the bearing load using lifting jacks, developing a measurement process and applying calculations to the Fortune Navigator ship. The results of calculating the actual load showed that the actual load acting on the bearings is less than the allowable value, meeting the set of requirements.

Keywords: Load bearing, intermediate shaft, jack-up test, shaft alignment.

1. Đặt vấn đề

Căn chỉnh hệ trục chân vịt là một vấn đề quan trọng trên tàu thủy, đặc biệt là trên các tàu lớn như tàu chở hàng rời, tàu chở dầu, tàu container và tàu chở khí hoá lỏng. Khi căn chỉnh không đúng hệ trục có thể dẫn đến những rung động không mong muốn và tăng chi phí vận hành [1, 2].

Hiện nay, có một số phương pháp đã được sử dụng để đánh giá sự đồng tâm hệ trục chân vịt tàu thủy [3] như: Kích nâng, thiết bị đo biến dạng, đo độ gầy khúc và độ lệch tâm, và các phương pháp quang học. Phương pháp kích nâng là một kỹ thuật phổ biến được sử dụng để đo phản lực của gối đỡ trục. Phương pháp đo biến dạng là một kỹ thuật mang tính phân tích cao hơn dùng để đo phản lực gối đỡ trục bằng cách sử dụng các thiết bị đo biến dạng được gắn tại các vị trí xác định trước dọc theo trục, đồng thời sử dụng các phương trình toán học để tính toán mômen uốn dọc theo trục từ biến dạng đo được, sau đó có thể sử dụng các phương trình này để tính toán phản lực gối đỡ trục cho hệ thống trục bằng phần mềm. Phương pháp độ lệch tâm và độ gầy khúc vẫn được sử dụng để xác định độ đồng tâm ban đầu, nhưng phương pháp này chỉ có thể được sử dụng để căn chỉnh hệ trục nhỏ, các hệ trục lớn cần kết hợp với phương pháp khác để cho kết quả căn chỉnh chính xác hơn [2]. Căn chỉnh bằng phương pháp quang học chủ yếu được sử dụng để phân tích và điều chỉnh vị trí của các gối đỡ trục khi tàu ở dưới nước hoặc bên trong ụ tàu và để xác định vị trí ban đầu của máy chính. Nó thường được sử dụng trước khi lắp hệ trục lần đầu vì nó chỉ có thể được sử dụng khi thiếu một phần của trục.

Các tham số cơ bản trong quá trình căn chỉnh hệ trục bao gồm: Chiều dài, đường kính và phân bố tải trọng gối đỡ trục. Ngoài ra còn có các yếu tố khác phải được định lượng và tính đến khi căn chỉnh hệ trục trong các điều kiện khai thác thực tế như trạng thái tải, nước dằn, điều kiện sóng gió, nhiệt độ và lực đẩy chân vịt [3].

Tải trọng gối đỡ là thông số quan trọng trong việc đánh giá mức độ làm việc tin cậy, an toàn của hệ trục chân vịt tàu thủy [4]. Nó được hiểu là mức độ tải trọng mà gối đỡ chịu khi hệ trục ở trạng thái tĩnh. Bên cạnh việc căn chỉnh hệ trục chân vịt đảm bảo độ gầy khúc, lệch tâm, độ co bóp trục cơ trong giới hạn cho phép, thì việc xác định và căn chỉnh để đảm bảo tải trọng chia đều cho các gối đỡ và đảm bảo trong giới hạn cho phép của nhà chế tạo là vô cùng quan trọng, đặc biệt là đối với các hệ trục lớn.

Tải trọng gối đỡ có thể được xác định trực tiếp hoặc gián tiếp [5-7]. Đo gián tiếp thường sử dụng phương pháp đo độ gãy khúc, lệch tâm hoặc đo biến dạng. Trong khi đó, đo trực tiếp thường được tiến hành bằng kích nâng. Xác định tải trọng tác dụng lên gối đỡ hệ trục chân vịt tàu thủy bằng phương pháp kích nâng có chi phí thấp và độ chính xác cao hơn.

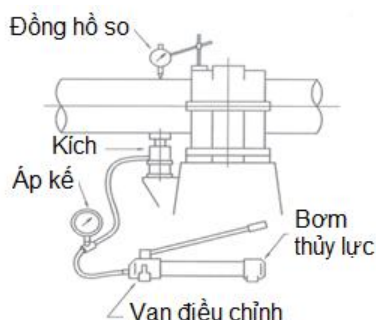
Bài báo nghiên cứu cơ sở lý thuyết phương pháp xác định tải trọng gối đỡ bằng kích nâng. Trên cơ sở lý thuyết, bài báo xây dựng quy trình xác định tải trọng gối đỡ bằng kích nâng, lựa chọn một tàu sau khi sửa chữa lớn và xác định tải trọng gối đỡ theo quy trình đã xây dựng được.

2. Nghiên cứu cơ sở lý thuyết của phương pháp xác định tải trọng gối đỡ bằng kích nâng

2.1. Phương pháp thực hiện

Để xác định tải trọng gối đỡ bằng phương pháp dùng kích nâng cần có các thiết bị sau: Kích nâng thủy lực, đồng hồ so có độ chính xác 0,01mm và đế nam châm, bơm tay thủy lực, đồng hồ đo áp suất 0bar ÷ 500bar, bộ giá đỡ cho kích và bộ thử tải. Trên Hình 1 trình bày thiết bị và bố trí của các thiết bị khi đo bằng phương pháp dùng kích nâng.

Thực hiện bơm đẩy kích lên từ từ và ghi lại các trị số đồng hồ so cùng với áp suất bơm, giá trị áp suất bơm từ 10bar ÷ 50bar tương ứng giá trị đồng hồ so từ 0,02mm ÷ 0,05mm. Thông thường mỗi lần đo cần nâng áp suất khoảng 20bar [8].



Hình 1. Các thiết bị và dụng cụ xác định tải trọng gối đỡ

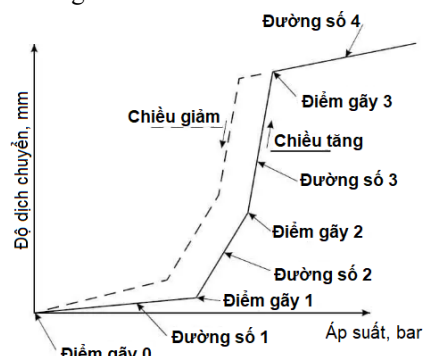
Bơm đẩy kích đến khi khe hở giữa trục và gối đỡ bằng 0 (trục tỳ vào phía trên của gối đỡ). Khi đó, nếu tiếp tục bơm thì áp suất sẽ tăng trong khi đó độ dịch chuyển gần như không thay đổi.

Ghi lại các giá trị ở cả chiều lên và xuống của trục khoảng 15 giá trị.

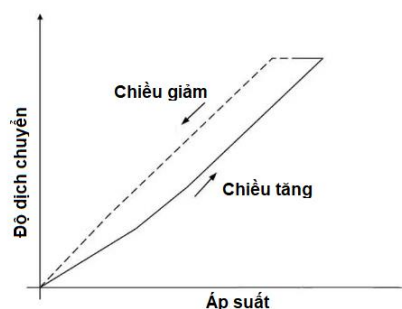
Lập bảng kết quả đo và vẽ đồ thị quan hệ áp suất bơm - độ dịch đồng hồ so (đồ thị jack-up).

Các điểm đo được chấm và kết nối trên đồ thị. Các điểm khi áp suất tăng lên thì độ dịch đồng hồ so nhảy

bạc gọi là điểm gãy (break point) (Hình 2). Mỗi break point chỉ ra một điểm nâng đỡ của một gối trên hệ trục khi tải trọng lên gối đỡ bằng 0 và tải trọng truyền hết cho kích nâng.



Hình 2. Đồ thị quan hệ áp suất kích nâng và giá trị đồng hồ so



Hình 3. Đồ thị thể hiện gối đỡ không chịu tải trọng

Trên Hình 2 thể hiện các điểm break point và đường quan hệ giữa áp suất và độ dịch chuyển.

Điểm “0” là điểm bắt đầu, khi bắt đầu bơm nâng kích, chưa có tải trọng lên kích.

Điểm “1” là điểm tải trọng đã hoàn toàn chuyển từ gối đỡ gần nhất sang cho kích.

Điểm “2” là điểm tải trọng chuyển hoàn toàn từ gối đỡ gần tiếp sau cho kích.

Điểm “3” áp suất tăng vọt, chỉ ra rằng khe hở trên của gối đỡ đã bằng 0 (trục chạm vào nắp trên gối đỡ).

Đường số “1” là được thể hiện quá trình chuyển tải trọng từ gối đỡ gần vị trí đo nhất sang kích.

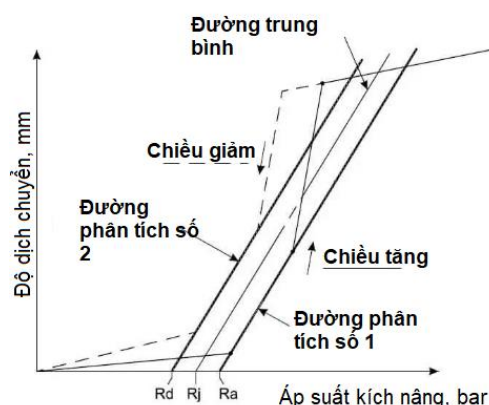
Đường số “2” là đường thể hiện quá trình chuyển tải trọng từ gối đỡ gần tiếp theo sang kích.

Đường số “3” thể hiện quá trình chuyển tải trọng từ gối đỡ gần tiếp sau nữa sang kích.

Đường số “4” thể hiện áp suất tăng vọt, trục không thể nâng lên vì khe hở trên đã bằng 0 (trục tỳ vào phía trên gối đỡ).

Nếu không có các điểm gãy, đường đặc tính jack-up trơn như Hình 3, điều này có nghĩa gối đỡ không hoặc gần như không chịu tải trọng.

2.2. Phân tích và tính toán tải trọng gối đỡ



Hình 4. Các đường tiếp tuyến xác định R_j

Hình 4 trình bày phương pháp phân tích và tính toán tải trọng gối đỡ bằng phương pháp kích năng. Giả sử tải trọng gối đỡ tính toán là (R_j), để tính R_j cần vẽ 2 đường tiếp tuyến với đường tăng và đường giảm áp suất trên đồ thị jack-up (các đường phân tích số 1 và số 2 trên Hình 4). Các giá trị áp suất P_a và P_d được xác định bằng cách kéo dài các đường tiếp tuyến đến trục áp suất. Khi đó, các tải trọng R_a và R_d theo công thức sau:

$$R_a = \frac{P_a \times S}{982}, \quad (1)$$

$$R_d = \frac{P_d \times S}{982}, \quad (2)$$

Trong đó:

R_a - Tải trọng khi nâng kích, T;

R_d - Tải trọng khi hạ kích, T;

S - Diện tích làm việc của kích, cm^2 ;

P_a, P_d - Áp suất của kích nâng tương ứng chiều tăng và hạ áp suất của kích, bar;

1/982 - Hệ số chuyển đổi từ kN sang tấn.

Khi đó, tải trọng tác dụng lên gối đỡ sẽ được tính như sau:

$$R_j = \frac{R_a + R_d}{2}. \quad (3)$$

Vì kích nâng không đặt giữa tâm gối đỡ, nên giá trị R_j cần hiệu chỉnh. Khi đó, tải trọng thực tác dụng lên gối đỡ được tính theo công thức sau:

$$R = R_j \times C, \quad (4)$$

Trong đó:

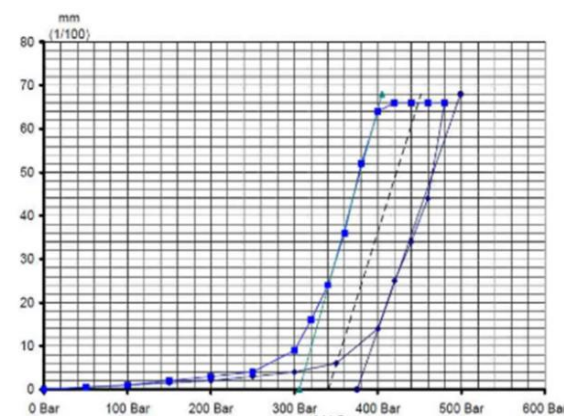
C - Hệ số chuyển đổi.

Hệ số C đã được tính toán khi tàu đóng mới. Trong trường hợp không có tài liệu thì có thể xác định như sau [9]:

Với cung gối đỡ cuối của máy chính $C = 1,3$;

Với các gối đỡ trực còn lại của máy chính $C = 0,9$;

Với gối đỡ trực trung gian $C = 0,98$.

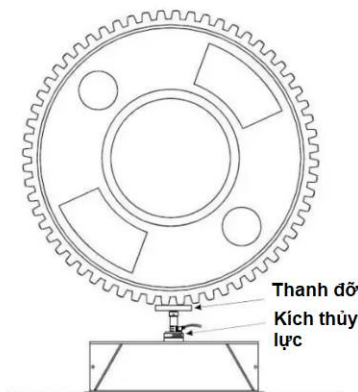


Hình 5. Ví dụ về đồ thị jack-up và các tiếp tuyến vẽ được xác định R_a, R_d [9]

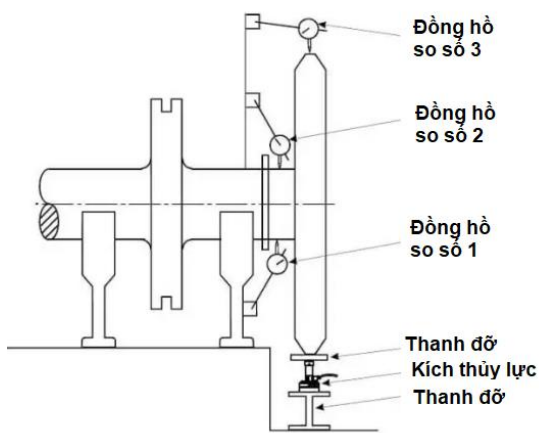
Để đảm bảo độ chính xác của kết quả đo, trong quá trình đo, cần chú ý những điểm sau: 1) Đọc và ghi lại mức nước phía mũi và lái của tàu, tốt nhất nên điều chỉnh mức về cân bằng; 2) Đo khe hở trên dưới của gối đỡ, đặc biệt là 2 gối đỡ phía sau của máy chính. Trường hợp có xuất hiện khe hở phía dưới, tức là trục không ngồi lên bạc ở trạng thái tĩnh, khi đó việc xác định tải trọng sẽ không có ý nghĩa, cần tiến hành căn chỉnh lại hệ trục để chia đều tải cho các gối đỡ; 3) Đo nhiệt độ của bạc chặn dọc trục, gối đỡ trung gian, đảm bảo nhiệt độ như nhau trong suốt quá trình đo; 4) Kích thủy lực cần được đặt ở vị trí chắc chắn, thông thường vị trí này đã thiết kế sẵn khi đóng tàu và cho trước hệ số hiệu chỉnh theo vị trí kích để suy ra giá trị tải trọng tại tâm gối đỡ; 5) Đồng hồ so cũng cần phải được gắn cố định, không bị xô dịch khi nâng trục lên để đảm bảo kết quả đo chính xác; 6) Đo và ghi chép lại độ co bóp trục khuỷu của xylanh cuối cùng của máy chính; 7) Trước khi đo cần tách máy via khỏi bánh đà. Nếu máy via vẫn còn gắn, phép đo sẽ không chính xác.

2.3. Phương pháp gá, lắp thiết bị đo

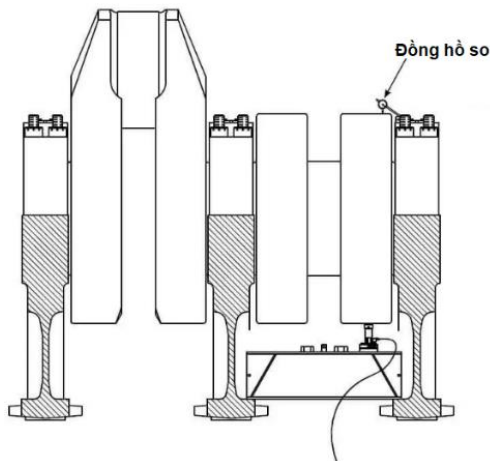
Để xác định tải trọng của gối đỡ trục cơ phía đuôi của máy chính chúng ta sẽ đặt kích phía dưới bánh đà tại vị trí cứng vững, kích nên được tiếp xúc với ít nhất 2 răng bánh đà bằng cách dùng thanh thép hình để chia lực đều (xem Hình 6). Các đồng hồ so cần được bố trí như Hình 7.



Hình 6. Cách đặt kích tại vị trí bánh đà

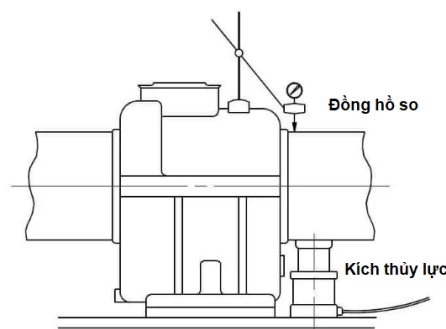


Hình 7. Cách gá thiết bị, dụng cụ khi đo tải trọng góidở trực cơ phía đuôi của máy chính



Hình 8. Cách gá thiết bị, dụng cụ khi đo tải trọng các góidở trực cơ còn lại của máy chính

Đối với tải trọng các cung bạc còn lại của máy chính, tiến hành via trục khuỷu sao cho má khuỷu gần góidở ở vị trí nằm ngang về phía ống xả của máy chính. Đặt thanh đỡ cho kích (thường dùng bộ dụng cụ nâng đỡ khi tháo bạc trục), sau đó đặt kích và đồng hồ so như Hình 8.



Hình 9. Cách gá thiết bị, dụng cụ khi đo tải trọng góidở trung gian

Đối với góidở trục trung gian, kích nâng dùng để đo tải trọng góidở trung gian sẽ nhỏ hơn vì tải trọng của góidở này thấp hơn so với góidở của máy chính. Vị trí đặt kích và đồng hồ so khi đo tải trọng góidở trục trung gian được thể hiện trên Hình 9.

3. Xác định tải trọng góidở tàu Fortune Navigator

3.1. Các thông số của tàu và hiện tượng

Tàu Fortune Navigator thuộc sở hữu Công ty Cổ phần Vận tải biển Việt Nam (VOSCO). Các thông số của tàu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số tàu

Thông số	Giá trị
Chiều dài (m)	119
Chiều rộng (m)	18
Mớn nước (m)	7,8
Diện tích bề mặt ướt (m ²)	3.077,3
Trọng tải (DWT)	8515

Trong quá trình lên dock (tháng 5/2023), tàu Fortune Navigator được thay toàn bộ tôn đáy phía đuôi tàu. Sau khi thay tôn, phần đuôi tàu bị biến dạng, kết nối trục trung gian với trục chân vịt lệch tâm nhiều và không thể nối bu lông liên kết. Kết quả đo co bóp trục khuỷu máy chính khi kết nối trục trung gian với bánh đà cũng khác so với trước khi lên dock, nhiệt độ góidở trục trung gian tăng cao khi làm việc.

3.2. Xây dựng quy trình đo tải trọng và căn chỉnh hệ trục tàu Fortune Navigator

Với tình trạng kỹ thuật của hệ trục trên, tác giả đã tiến hành khảo sát và xây dựng quy trình đo tải trọng góidở trục trung gian và căn chỉnh hệ trục cho tàu Fortune Navigator như sau [10]:

Bước 1: Chuẩn bị dụng cụ và thiết bị, xác định vị trí đặt kích nâng xác định tải trọng cho các góidở;

Bước 2: Làm thêm bộ đỡ cho trục trung gian tại vị trí trong hồ sơ đóng mới cho sẵn, bộ đỡ này có khả năng điều chỉnh vị trí dễ dàng bằng các bu lông tăng chỉnh;

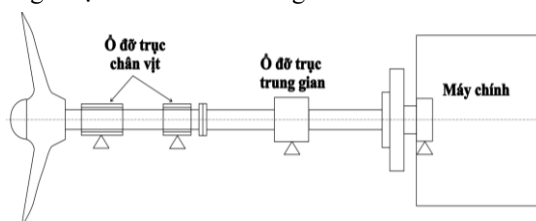
Bước 3: Tiến hành kích ấn trục chân vịt xuống tại vị trí mặt bích nối với trục trung gian tới giá trị lực theo hồ sơ khi đóng mới;

Bước 4: Hiệu chỉnh độ gầy khúc và độ lệch tâm (SAG/GAP) của mặt bích trục chân vịt và trục trung gian bằng cách thay đổi gối trục trung gian và gối giá đã tạo về giá trị SAG/GAP yêu cầu theo hồ sơ khi đóng mới;

Bước 5: Hiệu chỉnh SAG/GAP của mặt bích trục trung gian với trục động cơ về giá trị yêu cầu trong hồ sơ khi đóng mới;

Bước 6: Lắp và siết các bu lông tinh của các mặt bích trục chân vịt và trục trung gian và mặt bích giữa trục trung gian với trục động cơ;

Bước 7: Đo độ co bóp trục cơ, kết hợp xác định tải trọng gối đỡ tại các vị trí (vị trí xác định tải trọng thường là gối đỡ trung gian, gối đỡ phía trước của trục chân vịt và gối đỡ cuối cùng của máy chính) và so sánh với hồ sơ khi đóng mới. Nếu giá trị độ co bóp, tải trọng gối đỡ chưa đạt yêu cầu thì tiến hành căn chỉnh gối đỡ trục trung gian (sử dụng lá căn) để đạt được các giá trị độ co bóp, tải trọng gối đỡ trục trung gian trong giới hạn so với giá trị đưa ra ở hồ sơ đóng mới.



Hình 10. Bố trí hệ trục tàu Fortune Navigator

Điều kiện trong quá trình tiến hành đo được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Điều kiện trong quá trình đo

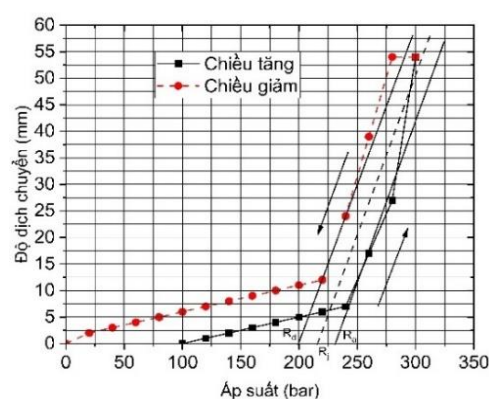
Thông số	Giá trị
Nhiệt độ buồng máy (°C)	33
Món nước phía lái (m)	3,8
Món nước phía mũi (m)	2,8

3.3. Kết quả và thảo luận

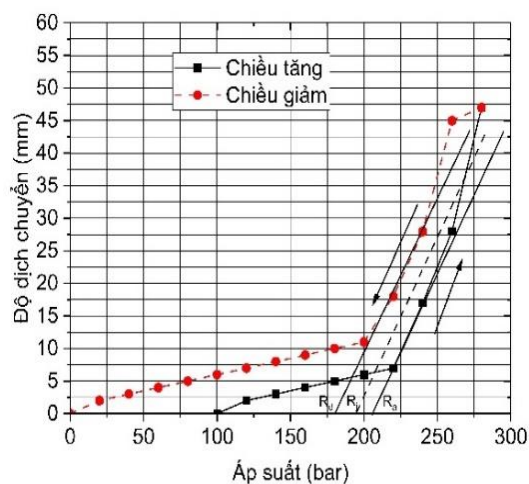
3.3.1. Kết quả đo trước khi căn chỉnh

Sau khi tiến hành quy trình đo như trên, ta tiến hành vẽ đồ thị jack-up và xác định tải trọng tác dụng lên gối đỡ trục trung gian. Kết quả xác định tải trọng gối đỡ trục trung gian của tàu Fortune Navigator trước

khi căn chỉnh được trình bày trên Hình 11. Kết quả tính toán tải trọng tác dụng lên gối đỡ trục trung gian trước khi căn chỉnh cho thấy tải trọng thực tế tác dụng lên gối đỡ trục trung gian thực tế (6,211T) lớn hơn giá trị lớn nhất cho phép (6,03T). Điều này có thể là nguyên nhân làm cho trục chân vịt không đồng tâm, gây nên hiện tượng tăng nhiệt độ gối đỡ trục trung gian khi làm việc.



Hình 11. Kết quả đo tải trọng gối đỡ trục trung gian tàu Fortune Navigator trước khi căn chỉnh



Hình 12. Kết quả đo tải trọng gối đỡ trục trung gian tàu Fortune Navigator sau khi căn chỉnh

3.3.2. Kết quả đo sau khi căn chỉnh

Hình 12 trình bày kết quả xác định tải trọng gối đỡ trục trung gian của tàu Fortune Navigator sau khi căn chỉnh. Kết quả tính toán tải trọng tác dụng lên gối đỡ trục trung gian sau khi căn chỉnh cho thấy tải trọng thực tế tác dụng lên gối đỡ trục trung gian thực tế (5,68T) nhỏ hơn giá trị lớn nhất cho phép (6,03T). Kết hợp với việc đo độ co bóp trục cơ để đảm bảo giá trị này nằm trong giới hạn cho phép thì quá trình căn chỉnh hệ trục được coi là đạt yêu cầu.

4. Kết luận

Xác định tải trọng gối đỡ trục có ý nghĩa quan trọng trong quá trình căn chỉnh hệ trục chân vịt. Bài báo đã giới thiệu ưu nhược điểm của các phương pháp xác định tải trọng và đã lựa chọn phương pháp xác định tải trọng gối đỡ bằng kích nâng để tính toán cho một tàu cụ thể.

Căn cứ vào lý thuyết và quy trình đo, tính toán tải trọng tác dụng lên gối đỡ trục trung gian, bài báo đã xây dựng quy trình, tiến hành đo và xác định tải trọng gối đỡ trục trung gian tàu Fortune Navigator của công ty vận tải biển VOSCO bằng phương pháp kích nâng. Kết quả tính toán cho thấy sau khi căn chỉnh tải trọng thực tế tác dụng lên gối đỡ trục trung gian tàu Fortune Navigator nhỏ hơn giới hạn cho phép.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT23-24.17**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mankowski O. and Q. Wang (2013), *Real-time monitoring of wind turbine generator shaft alignment using laser measurement*. Procedia Cirp. Vol.11, pp.291-295.
- [2] Shi L., D. Xue, and X. Song (2010), *Research on shafting alignment considering ship hull deformations*. Marine Structures. Vol.23(1), pp. 103-114.
- [3] Piotrowski J., *Shaft alignment handbook*. 2006: Crc Press.
- [4] Li R., et al. (2023), *Study on the Methods of Measurement, Optimization and Forecast of Propulsion Shaft Bearing Load of Ships*. Journal of Marine Science and Engineering. Vol.11(7), p. 1324.
- [5] Cowper B., A. DaCosta, and S. Bobyn (1999), *Shaft Alignment Using Strain Gauges: Case Studies*. Marine Technology.
- [6] Leclerc Q., et al. (2005), *Indirect measurement of main bearing loads in an operating diesel engine*. Journal of Sound and Vibration. Vol.286(1-2), pp.341-361.
- [7] Zhang S., et al. (2013), *Identification of bearing load by three section strain gauge method: Theoretical and experimental research*. Measurement. Vol.46(10), pp.3968-3975.
- [8] ClassNK, *Guidelines on shafting alignment*. 2006.
- [9] *Jack-Up Test Procedure For Ship's Propulsion Bearings*. Available from: <https://workshopinsider.com/jack-up-test-procedure-for-ship-propulsion-bearings/>.
- [10] *Shaft alignment manual SNO.5273, MV Fortune Navigator*.

Ngày nhận bài:	23/11/2023
Ngày nhận bản sửa:	04/12/2023
Ngày duyệt đăng:	12/12/2023