

**NGHIÊN CỨU TÍNH NĂNG ĐIỀU ĐỘNG TÀU VLCC KHÔNG TẢI
SỬ DỤNG MÔ HÌNH TRONG BỂ THỬ TÀU**
STUDY ON BALLAST VLCC MANOEUVRING CHARACTERISTICS
WITH SHIP MODEL IN TOWING TANK

TS. ĐINH XUÂN MẠNH
TS. PHẠM VĂN THUẬN
Trường Đại học Hàng hải

Tóm tắt

Nghiên cứu tính năng điều động tàu sử dụng mô hình tàu trong bể thử được rất nhiều nhà nghiên cứu tiến hành. Tuy nhiên, các nghiên cứu về tính năng điều động tàu không tải còn rất ít. Điều này hạn chế đến khả năng đánh giá tính năng điều động của con tàu trong điều kiện tải trọng tàu luôn thay đổi. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu tính năng điều động của một tàu VLCC không tải được tác giả tiến hành trong bể thử tàu.

Abstract

The study on ship manoeuvring characteristics using ship model in towing tank has been done by many researchers. However, the study on ship maneuvering characteristics in ballast condition is rare. This causes some difficulties in study on ship maneuvering characteristics concerning loading conditions. We present, the results of studying a ballast VLCC's manoeuvring characteristics carried out in towing tank by the authors.

1. Giới thiệu

Trong phương pháp nghiên cứu tính năng điều động của một con tàu sử dụng bể thử, thông qua kết quả nghiên cứu về lực thủy động tác động lên mô hình tàu trong bể thử, người ta sẽ dự đoán được chuyển động của con tàu thực trong những điều kiện khác nhau. Hay nói cách khác là dự đoán được tính năng điều động của con tàu đó.

Từ trước đến nay, các nhà nghiên cứu tập trung phần nhiều vào nghiên cứu tính năng của tàu trong điều kiện đầy tải, điều kiện khó khăn hơn cho điều khiển của con tàu mà có rất ít các báo cáo về tính năng điều động của tàu không tải. Chính vì thế hạn chế khả năng nghiên cứu tính năng điều động của con tàu khi điều kiện tải trọng thay đổi. Bài viết này cung cấp kết quả nghiên cứu tính năng điều động của con tàu VLCC không tải có thể phục vụ cho các nghiên cứu sau này.

2. Các cơ sở lý thuyết phục vụ nghiên cứu tính năng điều động tàu trong bể thử tàu

Tính năng điều động tàu được dự đoán dựa trên ý tưởng về mô hình toán học MMG (Mathematical Modelling Group). Sau đây là hệ tọa độ và mô hình toán học được sử dụng trong công trình nghiên cứu tính năng điều động của tàu:

Hệ tọa độ

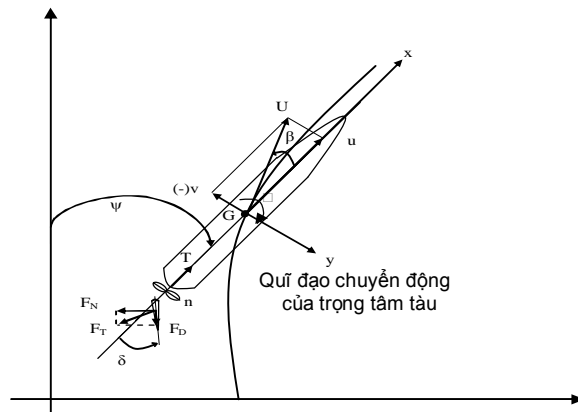
Hệ tọa độ sử dụng được mô tả trong hình 1.

Mô hình toán học

$$\begin{cases} (m + m_x) \dot{v} - (m + m_y)vr = X \\ (m + m_y) \dot{u} + (m + m_x)ur = Y \\ (I_{zz} + J_{zz}) \dot{r} = N \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X &= X_H + X_P + X_R + X_W + \dots \\ Y &= Y_H + Y_P + Y_R + Y_W + \dots \\ N &= N_H + N_P + N_R + N_W + \dots \end{aligned} \quad (2)$$

H- thân tàu. P- chân vịt. R- bánh lái.
W và ... - gió và các điều kiện ngoại cảnh khác.



Hình 1. Hệ tọa độ sử dụng trong nghiên cứu tính năng điều động tàu.

Các lực thủy động tác dụng lên thân tàu:

$$\begin{cases} X_H = X_{uu}u^2 + X_{vv}v^2 + X_{vvv}v^4 + X_{rr}r^2 + X_{vr}vr \\ Y_H = Y_vv + Y_{vvv}v^3 + Y_r r + Y_{rrr}r^3 + Y_{vvr}v^2r + Y_{vrr}vr^2 \\ N_H = N_vv + N_{vvv}v^3 + N_r r + N_{rrr}r^3 + N_{vvr}v^2r + N_{vrr}vr^2 \end{cases} \quad (3)$$

Các lực thủy động do chân vịt tạo ra:

$$\begin{aligned} X_P &= (1 - t) \cdot T \\ T &= \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \cdot K_T \\ K_T &= a_1 + a_2 J_s + a_3 J_s^2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$J_s = \frac{u_p}{n \cdot D} \quad u_p = (1 - w_p) \cdot u \quad v_p = v + l_p \cdot r$$

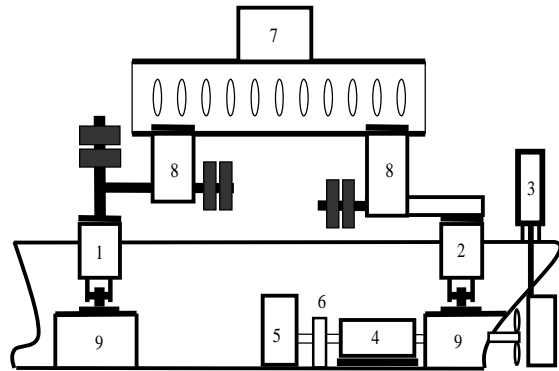
$$1 - w_p = (1 - w_{p0})(1 + \tau(v'_p + C_p v'_p |v'_p|)^2)$$

Các thành phần lực và mô-men tạo ra do lực bề lái:

$$\begin{aligned} X_R &= -(1 - t_R) \cdot F_N \cdot \sin \delta \\ Y_R &= -(1 + a_H) \cdot F_N \cdot \cos \delta \\ N_R &= -(x_R + a_H \cdot x_H) \cdot F_N \cdot \cos \delta \\ F_N &= \frac{1}{2} \rho \cdot A_R \cdot f_\alpha \cdot U_R^2 \cdot \sin \alpha \\ U_R^2 &= u_R^2 + v_R^2 \\ \alpha &= \delta - \delta_0 + \tan^{-1} \left(\frac{v_R}{u_R} \right) \\ v_R &= \gamma \cdot (v + l_R \cdot r) \\ u_R &= \varepsilon \cdot u_p \sqrt{1 + \kappa \frac{8 K_T}{\pi J_s^2}} \end{aligned} \quad (5)$$

Các tính năng điều động của một con tàu được thể hiện bởi giá trị của các hệ số trong phương trình toán học nêu trên. Để tìm ra các hệ số đó, các thành phần lực thủy động tác dụng lên con tàu phải được ghi lại trong quá trình thực nghiệm tại bể thử tàu. Hình vẽ số 2 mô tả việc bố trí mô hình tàu và các trang thiết bị đo:

- 1- Thiết bị đo lực ngang (Y_f).
- 2- Thiết bị đo lực ngang (Y_a) và lực cản (X).
- 3- Thiết bị đo lực bánh lái (F_N).
- 4- Thiết bị đo lực đẩy chân vịt (T).
- 5- Động cơ.
- 6- Hộp điều tốc động cơ.
- 7- Kết nối với thiết bị kéo mô hình tàu.
- 8- Các cơ cấu treo mô hình tàu.
- 9- Các bộ nối thiết bị đo với mô hình tàu.



Hình 2. Sơ đồ bố trí treo mô hình và các thiết bị đo.

Tên cơ sở kết quả đo, các thành phần lực thủy động được hiệu chỉnh để tìm ra các thành phần lực cản (X), lực ngang ($Y = Y_a + Y_f$), mô men ($N = Y_a \cdot x_a + Y_f \cdot x_f$), lực bề lái (F_N), lực đẩy chân vịt (T). Từ các kết quả đo được này, các hệ số mô tả tính năng điều động của con tàu được phân tích theo từng điều kiện thí nghiệm (xem tài liệu tham khảo [3]).

3. Kết quả phân tích mô hình tàu VLCC không tải qua thực nghiệm tại bể thử tàu

Dựa trên cơ sở lý thuyết nêu trên, tác giả đã tiến hành thử nghiệm xác định các thông số biểu thị tính năng điều động tàu trong bể thử tàu. Mô hình được sử dụng là mô hình tàu VLCC có các thông số được nêu trong bảng 1.

Sau khi phân tích số liệu thực nghiệm, thu được các kết quả phân tích được nêu trong bảng 2, 3.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật tàu VLCC.

Thông số KT	Tàu thực	Tàu mô hình
Thân tàu		
$L_{pp}(m)$	325,0	3,0
$B(m)$	53,0	0,48925
$d(m)$	13,08	0,121
L_{pp}/B	6,132	6,132
B/d	4,0519	4,0434
C_b	0,798866	0,798866
Chân vịt		
$D_p(m)$	9,10	0,084
$P(m)$	6,507	0,06007
$p(non)$	0,7049	0,7151
Số lượng cánh	5	5
Bánh lái		
b	9,0	0,08308
h	11,83	0,1092
Λ	1,314	1,314
f_α	2,260051	2,260051
Diện tích	110,56	0,0095

Bảng 2. Hệ số lực cản thân tàu.

Hệ số	Giá trị
X'_{uu}	-0,024068
X'_{vv}	-0,041367
X'_{vvv}	0,17375
X'_{rr}	0,004668
X'_{vr}	-0,005111
Y'_v	-0,28585
Y'_{vv}	-0,690736
Y'_r	0,074668
Y'_{rrr}	0,007603
Y'_{vvr}	0,377941
Y'_{vrr}	-0,291484
N'_v	-0,094797
N'_{vv}	-0,017435
N'_r	-0,051042
N'_{rrr}	-0,007115
N'_{vvr}	-0,20161
N'_{vrr}	0,056709

Bảng 3. Hệ số tác dụng tương hỗ thân tàu, bánh lái, chân vịt.

Hệ số	Giá trị	Hệ số	Giá trị		
a_1	0,295		$v'_p > 0$		$v'_p < 0$
a_2	-0,207	T	11,397		11,0476
a_3	-0,270	C_p	-0,644		-0,632
$(1 - t)$	0,7462		$v'_R = Y_R(v' + l'_R \cdot r') + b$		
$(1 - w_{p0})$	0,325568		$v'_R < -0,16682$	$-0,16682 < v'_R < 0,25775$	$v'_R > 0,25775$
$(1 - t_R)$	0,616	l'_R	-0,77	-0,77	-0,77
a_H	0,1398	γ	0,6192	0	0,6999
x'_H	-0,42465	b	0,0646	-0,0387	-0,2191
$l'_p(x'_p)$	-0,528367	ϵ	2,185		
		K	0,074		

4. Đánh giá một số tính năng điều động của tàu trên kết quả mô phỏng

Từ các giá trị dự đoán nêu ở phần 3, căn cứ vào mô hình toán học, một số chuyển động đặc trưng của con tàu được mô phỏng và ghi lại.

Hình 3 ghi lại kết quả mô phỏng quay trở với góc bề lái -35° , tốc độ chạy hết máy.

Hình 4 ghi lại kết quả mô phỏng spiral với tốc độ chạy hết máy.

Hình 5 ghi lại kết quả mô phỏng zigzag $10^0/10^0$ với tốc độ chạy hết máy.

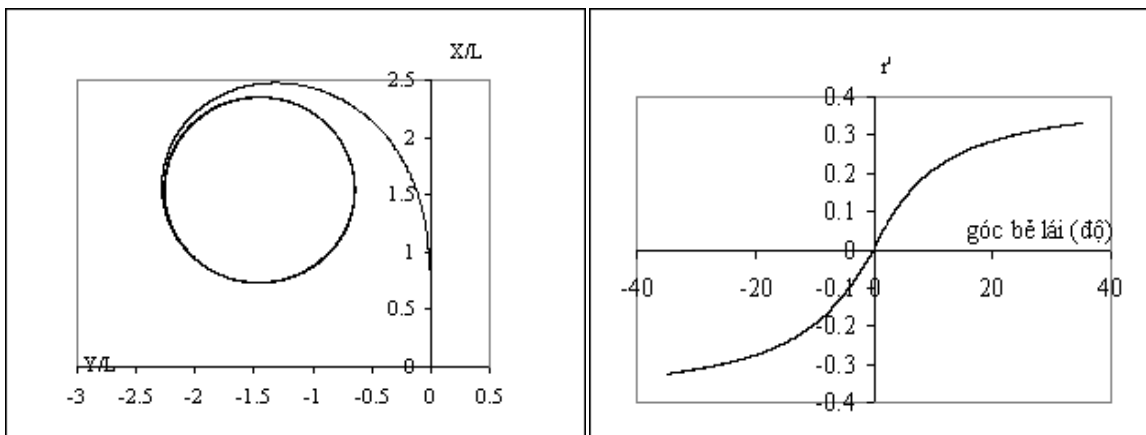
Hình 6 ghi lại kết quả mô phỏng zigzag $20^0/20^0$ với tốc độ chạy hết máy.

Từ kết quả thử quay trở ta có thể thấy độ dịch chuyển theo chiều dọc, đường kính vòng quay trở chiến thuật của tàu đáp ứng được các qui định về tính năng quay trở.

Từ kết quả thử spiral, chúng ta thấy 2 đường tốc độ quay trở khi góc bẻ bánh lái tăng và giảm đều trùng nhau chứng tỏ con tàu trong điều kiện không tải có tính năng điều động ổn định.

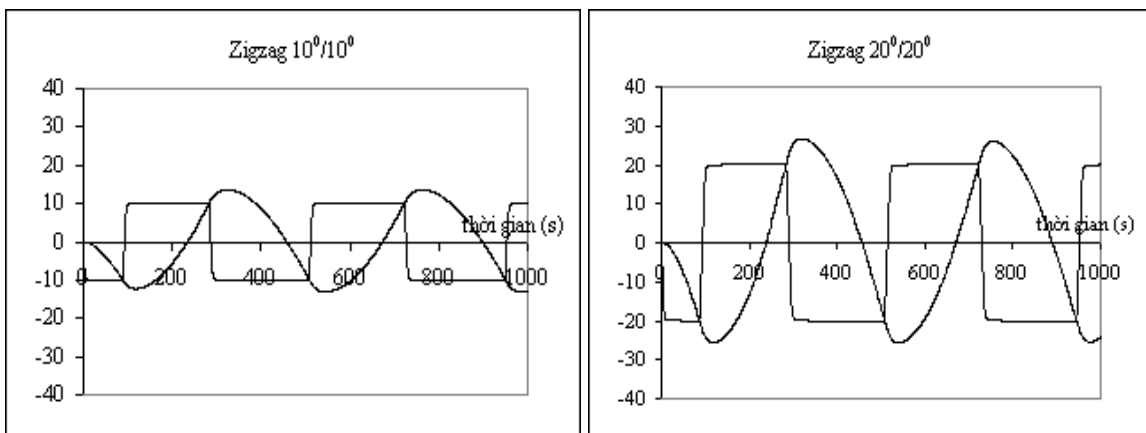
Từ kết quả từ điều động zigzag, ta thấy độ lớn của các góc vượt quá (overshoot angle) thứ nhất, thứ hai trong thử zigzag $10^0/10^0$ và zigzag $20^0/20^0$ thỏa mãn được các yêu cầu về tính năng ổn định hướng đi và kiểm soát quay của tàu.

Các kết quả mô phỏng cho thấy con tàu VLCC này hoàn toàn thỏa mãn các yêu cầu về tính năng điều động theo Nghị quyết A.751(18) của IMO.



Hình 3. Kết quả quay trở trái.

Hình 4. Kết quả thử spiral.



Hình 5. Kết quả thử zigzag $10^0/10^0$.

Hình 6. Kết quả thử zigzag $20^0/20^0$.

5. Kết luận

Nghiên cứu tính năng điều động tàu có sử dụng mô hình tàu trong bể thử là phương pháp nghiên cứu có độ chính xác cao. Bài báo này đã giới thiệu một cách sơ lược cơ sở lý thuyết phương pháp nghiên cứu tính năng điều động tàu có sử dụng mô hình tàu VLCC không tải trong bể thử, cách bố trí các thiết bị đo đạc cũng như tính toán các lực thủy động đo được để phân tích tìm ra các hệ số thể hiện tính năng điều động của con tàu.

Từ các hệ số mô tả tính năng điều động tàu đã được tìm ra, một số chuyển động của con tàu được mô phỏng. Trên cơ sở kết quả mô phỏng các tính năng điều động tàu đã được đánh giá.

Chúng ta có thể khẳng định rằng con tàu VLCC không tải này thỏa mãn đầy đủ các yêu cầu của IMO về tính năng điều động tàu. Trong điều kiện không tải nó có khả năng điều khiển ổn định.

Cơ sở dữ liệu của tàu VLCC không tải thu nhận được từ kết quả thử mô hình kết hợp với dữ liệu của con tàu đó trong điều kiện đầy tải có thể được dùng trong các nghiên cứu tiếp theo về sự biến đổi của tính năng điều động tàu trong điều kiện tải trọng thay đổi. Nó có tác dụng bổ sung thêm vào nguồn dữ liệu không có nhiều về tính năng điều động tàu trong điều kiện chạy không tải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] The Research Committee of Dynamic Performance Manoeuvring and Control Section, *"Prediction of maneuverability of a ship"*, Bulletin of the Society of Naval Architects of Japan No. 668, February 1985 (Translated from Japanese by Takako Bundgaard, edited by M.S. Chislett for Danish Maritime Institute, 1986).
- [2] Phạm Văn Thuận, *Doctoral thesis*, 2009.
- [3] Phạm Văn Thuận, Đinh Xuân Mạnh, *"Nghiên cứu tính năng điều động tàu VLCC đầy tải sử dụng mô hình trong bể thử tàu"*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 21, tháng 11 năm 2009.

Người phản biện: TS. Nguyễn Kim Phương
