

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY CMM (COORDINATES MEASURING MACHINE) ĐO THÔNG SỐ HÌNH HỌC CHÂN VỊT TÀU THỦY

DESIGN AND MANUFACTURE CMM (COORDINATES MEASURING MACHINE) TO MEASURE GEOMETRIC PARAMETERS OF SHIP PROPELLERS

Huỳnh Lê Hồng Thái*, Trần Đình Tứ¹, Đỗ Xuân Lộc²

¹Khoa Kỹ thuật Giao Thông, Trường Đại học Nha Trang

²Học viên cao học, Trường Đại học Nha Trang

*Tác giả liên hệ: Huỳnh Lê Hồng Thái, Email: thai@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 12/4/2024; Ngày phân biện thông qua: 20/5/2024; Ngày duyệt đăng: 23/5/2024

TÓM TẮT

Thực hiện đo và kiểm tra thông số hình học chân vịt là yêu cầu bắt buộc của các tổ chức đăng kiểm trước khi lắp đặt chân vịt lên tàu. Hiện nay có nhiều phương pháp và thiết bị chuyên dùng để đo và kiểm tra thông số hình học chân vịt tàu thủy, ứng với mỗi loại đều có chức năng và giá thành khác nhau. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị đo CMM dùng đo thông số hình học chân vịt tàu cá bao gồm: bước xoắn, biên dạng cánh, tỉ số mặt đĩa, đường kính chân vịt. Ứng dụng thiết bị này để đo thực tế cho chân vịt tàu cá, cũng như đánh giá một số yếu tố về độ bền, độ chính xác của thiết bị.

Từ khóa: Chân vịt tàu thủy; máy CMM; thông số hình học; tàu cá.

ABSTRACT

Measuring and checking propeller geometry parameters is a mandatory requirement of classification organizations before installing propellers on ships. Currently, there are many methods and specialized equipment used to measure and check geometric parameters of ship propellers, each type has different functions and costs. This paper presents the results of research on the design and manufacture of CMM measuring equipment used to measure geometric parameters of fishing boat propellers including: pitch, blade profile, disc aspect ratio, propeller diameter. Apply this device to actually measure fishing boat propellers, as well as evaluate some factors about the durability and accuracy of the device.

Keywords: Propeller; CMM; geometric parameters; fishing boat.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự ra đời của luật thủy sản năm 2017 [1] và Thông tư 23/2018/TT-BNNPTNT [2] của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, công tác đăng kiểm tàu cá được nhà nước cụ thể hóa thành các văn bản luật. Việc kiểm tra chân vịt tàu thủy trước khi lắp đặt trên tàu được xem là bắt buộc nhằm đảm bảo chất lượng của chân vịt hoạt động tốt và phù hợp với thiết kế máy, vỏ, chân vịt của tàu thủy. Tuy nhiên, hiện nay các đơn vị đăng kiểm tàu cá và tàu giao thông ở Việt Nam sử dụng các công cụ đơn giản và thủ công để tiến hành đo các thông số hình học chân vịt tàu thủy và chủ yếu là đo đường kính và bước chân vịt. Đối với thông số biên dạng cánh và tỉ số mặt đĩa còn nhiều hạn chế không thể đo thủ công được. Hơn nữa việc đo thủ công dẫn đến độ chính xác không cao và

mất nhiều thời gian [3,4,5]. Việc sử dụng các thiết bị chuyên dụng và có độ chính xác cao là cần thiết trong việc đo các thông số hình học chân vịt tàu thủy. Tuy nhiên các thiết bị chuyên dụng này có giá thành tương đối cao và khó tiếp cận, trong khi ở nước ta lại còn thiếu các thiết bị chuyên dụng tương tự [6]. Vì vậy việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị đo các thông số hình học chân vịt tàu thủy là nhằm mục đích đáp ứng yêu cầu của xã hội, nâng cao chất lượng công tác thiết kế tàu thủy cũng như chất lượng đăng kiểm tàu thủy. Ngoài ra nó còn góp phần vào mục tiêu tự động hóa thiết kế cơ khí thủy sản phục vụ chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2045 [7]. Đặc biệt góp phần làm chủ công nghệ thiết kế, chế tạo các hệ thống thiết bị phức tạp có thể thương mại hóa sản phẩm và có tính

cạnh tranh khi đưa ra thị trường.

II. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

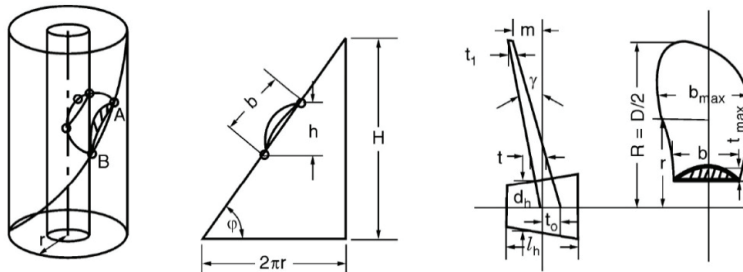
Đối tượng nghiên cứu được tiến hành là máy CMM có các chức năng đo thông số hình học chân vịt tàu thủy bao gồm: đường kính, bước xoắn, biên dạng cánh, tỉ số mặt đĩa của chân vịt tàu cá. Từ các yêu cầu về chức năng của máy cũng như tính năng kỹ thuật tiến hành khảo sát nguyên lý làm việc của thiết bị CMM cũng như giới hạn phạm vi nghiên cứu đối với các loại chân vịt có đường kính nhỏ hơn 2 mét và các cánh không chồng lên nhau. Đảm bảo hệ thống thiết bị phải đáp ứng các chứng năng về đo kích thước hình học chân vịt tàu, có độ chính xác được chấp nhận trong phép đo và có độ bền cao được sử dụng trong môi trường công nghiệp. Phương pháp nghiên cứu thiết kế hệ thống đo này dựa trên cơ sở quan sát các hệ thống hiện tại từ đó phát triển một hệ thống đo

phù hợp với điều kiện Việt Nam. Hệ thống đo này được thiết kế gồm hệ thống cơ khí và hệ thống điều khiển thiết bị.

1. Hệ thống cơ khí thiết bị đo

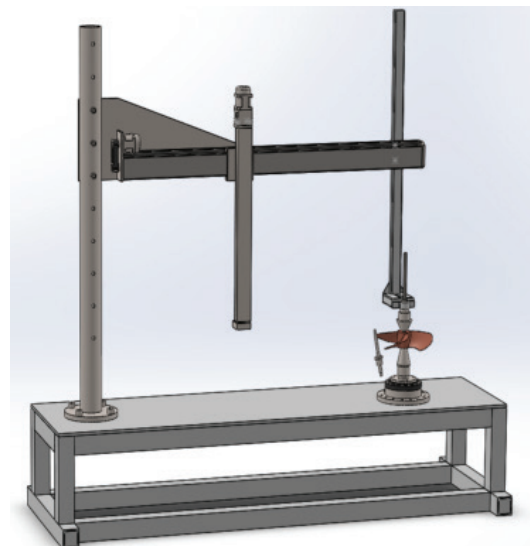
Chân vịt tàu thủy là một trong những bộ phận chính và quan trọng trong tổ hợp máy, vỏ và chân vịt tàu thủy. Hình dạng, kích thước chân vịt sẽ ảnh hưởng đến hiệu suất hoạt động của con tàu. Đối với các tàu cá và tàu giao thông cỡ nhỏ thì chân vịt thông thường có đường kính dưới 2 mét và các cánh không chồng lên nhau. Một số thông số hình học chân vịt tàu thủy bao gồm: Bước chân vịt H , đường kính chân vịt D , tỉ số mặt đĩa θ được minh họa trên hình 1. Trong đó bước chân vịt được tính theo công thức $tg\phi = H/2\pi r$ [8,9,10]. Việc hiểu các thông số chân vịt và phương pháp đó sẽ giúp ích rất nhiều trong việc lập trình, thu thập dữ liệu và xuất kết quả đo chính xác.

Đối với hệ thống thiết bị được thiết kế và



Hình 1. Thông số hình học chân vịt [11].

chế tạo dựa trên trên các nguyên tắc độ bền, độ chính xác, tính thẩm mỹ, môi trường công nghiệp và công nghệ hiện đại. Chính vì vậy việc thiết kế hệ thống phải được tính toán và tối ưu hệ thống từ các thiết bị riêng lẻ cho đến việc lập trình điều khiển thiết bị. Nguyên lý chính của hệ thống thiết bị đo này gồm hai phần chính là phần cứng và phần mềm như hình 2. Phần cứng là cơ cấu chấp hành được điều khiển thông qua phần mềm [12,13,14,15]. Đối với phần cứng là hệ thống cơ khí được thiết kế dựa trên các dữ liệu đầu vào được khảo sát như: Đối với kích thước giá đỡ, vùng làm việc của trục vítme được lựa chọn dựa trên cơ sở tổng hợp khảo sát các loại chân vịt thông dùng trên tàu cá khu vực Nam trung bộ. Kết quả khảo sát trên 200 tàu cá cho thấy chân vịt có đường kính dưới 2m



Hình 2. Mô hình 3D hệ thống thiết bị đo thông số hình học chân vịt.

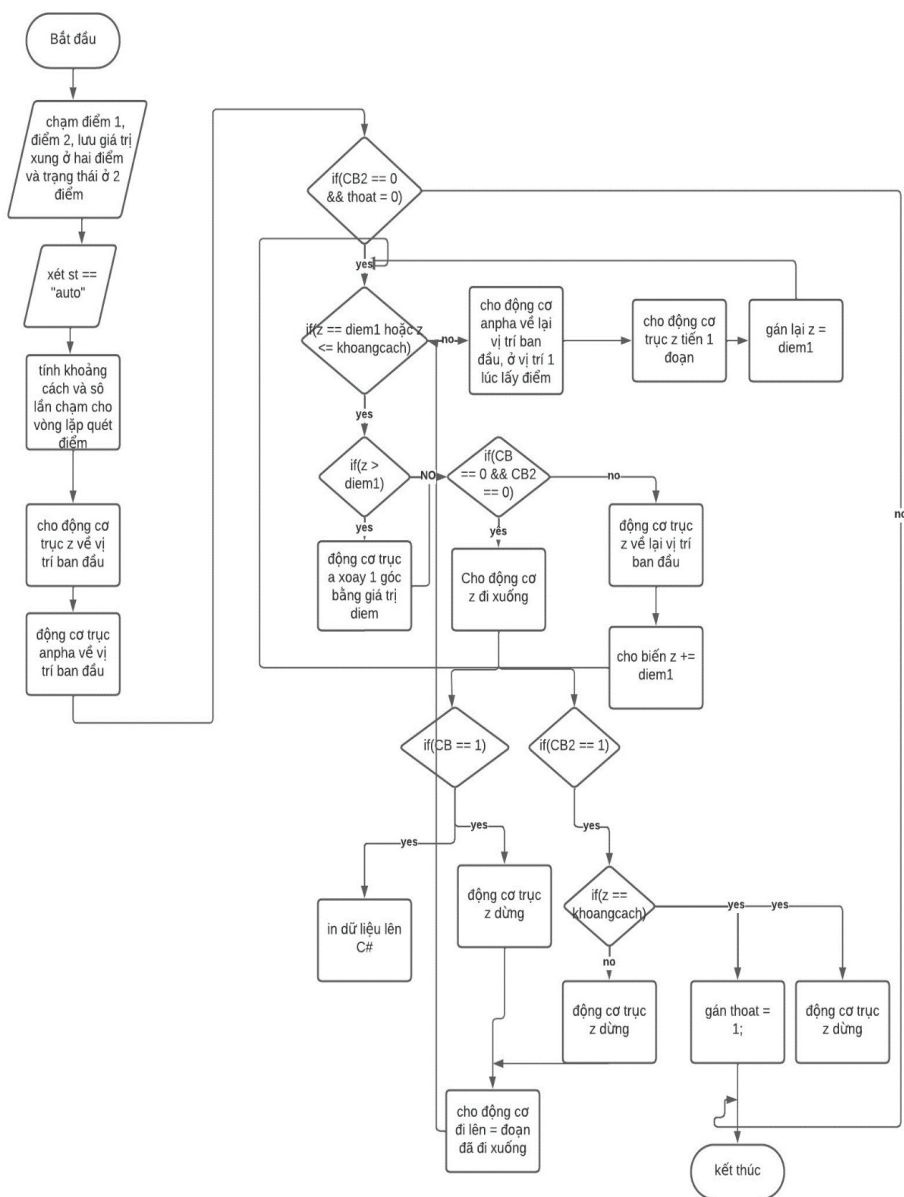
chiếm phần lớn, số cánh chân vịt là 3 và không chồng lên nhau. Khối lượng chân vịt từ 20 kg đến 300 kg. Kết quả khảo sát này là đầu vào cho bài toán tính bền chi tiết kết cấu của khung giá đỡ hệ thống thiết bị. Kết quả mô phỏng cho thấy các chi tiết đáp ứng yêu cầu làm việc và nằm trong giới hạn bền cho phép.

2. Hệ thống điều khiển thiết bị

Hệ thống điều khiển thiết bị được thiết kế và lập trình để điều khiển phần cứng là các chi tiết cơ khí. Hệ thống điều khiển gồm hệ thống điện, hệ thống cảm biến và chương trình điều khiển

thiết bị. Chương trình điều khiển được lập trình trên phần mềm Arduino IDE đảm bảo khả năng điều khiển các động cơ Servo OEMAX 200W CSMT-02BR1ANT3 cho thanh trượt ngang (trục X), động cơ bước 57BYG250B cho thanh trượt đứng (trục Z), động cơ bước 450B14 (góc xoay) giá đỡ chân vịt. Cảm biến đo CNC 3D Touch Probe Finder có độ chính xác cao chịu được áp lực trong môi trường công nghiệp được sử dụng. Thuật toán điều khiển chương trình như hình 3.

Theo sơ đồ trên, hệ thống thiết bị đo được



Hình 3. Sơ đồ thuật toán điều khiển thiết bị.

điều khiển bởi 3 hệ trục tọa độ trong đó có hai trục tịnh tiến và một hệ trục quay. Các động cơ điều khiển các trục quay với tốc độ cho trước đến các vị trí đo. Khi cảm biến đo chạm vào chân vịt thì tọa độ được ghi lại tại vị trí đó và hệ điều khiển sẽ được lập trình cho cảm về lại vị trí trước khi chạm như vậy để tránh trường hợp bị va chạm giữa cảm biến và vật đo. Điểm kế tiếp được lập trình theo khoảng cách chia trước và được điều khiển bằng động cơ trục xoay chân vịt hoặc động cơ theo trục X. Các bẫy lỗi hệ thống cũng được thực hiện lập trình

nhằm tránh va chạm và xung đột.

Chương trình điều khiển có các chức năng đo tự động và đo thủ công giúp người dùng dễ dàng đo bước chân vịt tàu thủy cũng như đo biên dạng của cánh chân vịt. Các chức năng này được liên kết trực tiếp với giao diện chương trình như hình 4. Giao diện chương trình được thiết kế theo hướng thuận tiện cho người sử dụng có các chức năng cài đặt phần cứng thiết bị, đo và lưu trữ dữ liệu, điều khiển thiết bị, tính toán và xuất dữ liệu sang Excel.



Hình 4. Giao diện chương trình.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả

1.1. Hệ thống thiết bị đo CMM

Kết quả chế tạo hệ thống thiết bị đo các thông số hình học chân vịt thể hiện trên hình 5 đáp ứng các yêu cầu đo các thông số hình học chân vịt. Trong đó giá đỡ thiết bị và trục chân vịt chịu được tải cho chân vịt có khối lượng 500kg với ổ bi và hộp số chịu lực cường độ cao. Tay trượt ngang có chức năng con trượt cho phép xác định được tọa độ X của thiết bị, tay trượt đứng cho phép xác định cao độ Z, kết hợp với góc xoay của chân vịt, chương trình sẽ tính toán để tìm ra được tọa độ X,Y,Z của biên dạng cánh. Thông qua chương trình tính toán được lập trình sẵn, hệ thống tự động nhận biết vùng làm việc và số điểm cần đo trên mỗi cung bán kính từ đó tính được chiều dài dây cung của hai điểm phục vụ cho việc tính diện

tích mặt trái, cũng như tính được cao độ của mép dẫn (MD) và cao độ mép thoát (MT) từ đó có thể tính được bước xoắn của cánh chân vịt. Đầu dò của cảm biến có chức năng thu thập tín hiệu theo nguyên tắc khi đầu dò chạm vào đối tượng thì sẽ có hiện tượng đóng và ngắt mạch. Tín hiệu sẽ truyền về trung tâm điều khiển để



Hình 5. Thiết bị đo kích thước hình học chân vịt.

ghi nhận tọa độ của vị trí cảm biến từ đó tính được các vị trí tương đối, vị trí tuyệt đối. Kết quả thu được từ tọa độ được lưu trữ trên các biển và được tính toán xuất sang Excel.

1.2. Thực nghiệm đo thông số hình học chân vịt tàu thủy

Chân vịt dùng để thực nghiệm có đường kính D=560mm, 4 cánh không chồng lên nhau. Kết quả thực nghiệm đo biên dạng cánh trên

máy CMM cho 4 cánh chân vịt tại các vị trí từ 0,9R đến 0,4R. Tiến hành đo trên máy với chế độ tự động xác định các biên dạng cánh sau đó tiến thực hiện việc đo tự động và tính toán rời rạc tọa độ cũng như tính bước H chân vịt theo công thức $H = (360/\alpha) * (Z_{mép\ thoát} - Z_{mép\ dẫn})$. Kết quả đo cho cánh 1 tại vị trí 0,9R được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1. Tọa độ cánh chân vịt tại vị trí bán kính 0,9R

Vị trí	Cánh 1			Cánh 2			Cánh 3			Cánh 4			Ghi chú
	Trục X	Trục Y	Trục Z	Trục X	Trục Y	Trục Z	Trục X	Trục Y	Trục Z	Trục X	Trục Y	Trục Z	
1	252,0	0,0	236,0	0,0	252,0	237,7	-252,0	0,0	233,5	0,0	-252,0	234,9	MD
2	251,8	8,8	233,6	-8,8	251,8	235,2	-251,8	-8,8	231,3	8,8	-251,8	232,3	
3	251,4	17,6	230,1	-17,6	251,4	231,2	-251,4	-17,6	228,1	17,6	-251,4	228,4	
4	250,6	26,3	225,8	-26,3	250,6	227,5	-250,6	-26,3	224,4	26,3	-250,6	224,0	
5	249,5	35,1	222,0	-35,1	249,5	223,9	-249,5	-35,1	220,8	35,1	-249,5	219,7	
6	248,2	43,8	218,6	-43,8	248,2	219,5	-248,2	-43,8	217,2	43,8	-248,2	215,9	
7	246,5	52,4	214,3	-52,4	246,5	215,8	-246,5	-52,4	213,7	52,4	-246,5	212,0	
8	244,5	61,0	210,5	-61,0	244,5	212,2	-244,5	-61,0	210,1	61,0	-244,5	208,1	
9	242,2	69,5	206,6	-69,5	242,2	208,5	-242,2	-69,5	206,4	69,5	-242,2	204,2	
10	239,7	77,9	202,9	-77,9	239,7	204,8	-239,7	-77,9	202,8	77,9	-239,7	200,3	
11	236,8	86,2	199,0	-86,2	236,8	201,1	-236,8	-86,2	198,5	86,2	-236,8	196,6	
12	233,7	94,4	195,1	-94,4	233,7	197,2	-233,7	-94,4	194,2	94,4	-233,7	193,0	
13	230,2	102,5	191,6	-102,5	230,2	193,0	-230,2	-102,5	190,9	102,5	-230,2	189,4	
14	226,5	110,5	187,7	-110,5	226,5	189,2	-226,5	-110,5	187,4	110,5	-226,5	185,5	
15	222,5	118,3	184,0	-118,3	222,5	185,5	-222,5	-118,3	183,5	118,3	-222,5	181,5	
16	218,2	126,0	180,8	-126,0	218,2	181,9	-218,2	-126,0	179,4	126,0	-218,2	177,5	
17	213,7	133,5	177,3	-133,5	213,7	178,1	-213,7	-133,5	175,5	133,5	-213,7	173,6	
18	208,9	140,9	173,9	-140,9	208,9	174,5	-208,9	-140,9	172,1	140,9	-208,9	169,7	
19	203,9	148,1	170,3	-148,1	203,9	170,8	-203,9	-148,1	168,8	148,1	-203,9	165,9	
20	198,6	155,1	166,8	-155,1	198,6	167,2	-198,6	-155,1	165,3	155,1	-198,6	162,2	
21	193,0	162,0	163,0	-162,0	193,0	163,5	-193,0	-162,0	161,9	162,0	-193,0	158,8	
22	190,2	165,3	161,4	-165,3	190,2	162,3	-190,2	-165,3	160,0	165,3	-190,2	157,5	MT

Trong tự do cho các cánh còn lại và tại các vị trí bán kính khác nhau ta có bảng tổng hợp kết quả đo bước xoắn từng cánh và bước xoắn

trung bình các cánh của chân vịt thể hiện như trên bảng 2.

Bảng 2. Bước xoắn chân vịt

Bước xoắn H (mm)					
R	Cánh 1	Cánh 2	Cánh 3	Cánh 4	Trung bình
0,9R	653,1	656,6	646,3	674,6	657,6
0,8R	624,5	631,4	632,1	643,2	632,8
0,7R	618,6	615,6	625,2	640,2	624,9
0,6R	606,8	620,7	631,2	620,7	619,8
0,5R	601,9	620,4	623,3	622,7	617,1
0,4R	599,1	608,1	594,0	604,7	601,5

2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy thiết bị CMM đáp ứng tốt các mục tiêu đề ra bao gồm đo được biên dạng cánh chân vịt, bước xoắn và tỉ số mặt đĩa. Trên cơ sở này tiến hành đánh giá các tiêu chí khác nhau như độ bền, thẩm mỹ, độ chính xác cũng như môi trường làm việc.

Tọa độ biên dạng cánh chân vịt được máy đo lập trình theo nguyên tắc: đầu tiên xác định được bán kính R của chân vịt, tiếp đến xác định đường bao của biên dạng cánh gồm mép thoát và mép dẫn của chân vịt tại các vị trí 0,9R đến 0,2R. Từ đây thiết bị sẽ quét bao bề mặt diện tích này và sẽ tự động lấy khoảng chia theo góc hoặc khoảng cách đều để cho ra giá trị điểm đo theo như bảng 1. Từ bảng này ta có thể xây dựng lại biên dạng cánh trên các phần mềm 3D khác thông qua ma trận điểm Cloud points. Máy CMM này có các chức năng tự động thu thập dữ liệu hoặc lấy dữ liệu thủ công nên rất tiện trong việc đo đạc. Ngoài ra phần mềm còn cung cấp thêm các chức năng đo thông số hình học chân vịt tàu thủy theo các mẫu đã thiết kế sẵn sẽ làm tăng hiệu quả đo về mặt thời gian, thiết lập tính toán.

Độ chính xác của thiết bị là yếu tố rất quan trọng trong việc xác định kết quả có đạt yêu cầu và đáp ứng mục tiêu hay không. Vì vậy, độ chính xác của thiết bị được kiểm nghiệm và đối sánh với vật mẫu. Chọn vật mẫu là khối thép tiêu chuẩn dày từ 5mm, 10mm, 15mm và 20mm đã được công bố chiều dày theo tiêu chuẩn quốc tế đi cùng với thiết bị đo chiều dày đã được kiểm định. Tiến hành đo vật mẫu bằng thước kẹp và so sánh giá trị của chúng với giá trị đo được từ thiết bị CMM. Kết quả cho thấy

sai số trung bình trong các phép đo là 0,1mm. Trong khi đó độ chính xác khi đo và chế tạo chân vịt theo tiêu chuẩn ISO 484-2 [16] được quy định tùy theo cấp độ chính xác chế tạo mong muốn, tuy nhiên với chân vịt tàu cá thông thường thì cấp chính xác cho phép sai số trong phạm vi 2% tương đương $\pm 7,5\text{mm}$. Vì vậy độ chính xác của thiết bị đáp ứng được yêu cầu thực tế.

Đo bước xoắn H và tỉ số mặt đĩa được thực hiện thông qua việc lấy tọa độ của biên dạng của mép thoát và mép dẫn. Độ chính xác tùy thuộc vào số điểm và vị trí lựa chọn, đối với diện tích mặt trải thì sai số của phép đo sẽ tăng lên nếu mạng lưới các điểm rời rạc có khoảng cách lớn dẫn đến việc tính chiều dài dây cung bị sai số lớn. Vì vậy, để tính tỉ số mặt đĩa chính xác thì cần thiết lập mạng lưới điểm dày đáp ứng yêu cầu về sai số cho phép.

Độ bền của thiết bị cơ khí trong quá trình hoạt động cho thấy đáp ứng tốt không bị cong vênh và làm việc ổn định. Theo kết quả mô phỏng trên phần mềm Solidworks cho thấy độ chuyển vị của khung giá đỡ là không đáng kể. Đặc biệt là hộp số kiểm giá đỡ chân vịt luôn làm việc trong tình trạng tải trọng lớn, tuy nhiên hộp số này vẫn làm việc ổn định và chịu được tải trọng cao trong thời gian dài khi đo.

Tính linh hoạt của hệ thống thiết bị cho thấy có thể điều khiển được cao độ trục Z để có thể tiết kiệm hành trình di chuyển, có thể tháo lắp dễ dàng các chi tiết cơ khí vì chúng được thiết kế theo mô đun riêng lẻ. Các hệ thống điện và cảm biến được bố trí khoa học và tháo lắp dễ dàng thông qua các ổ cắm.

Thời gian đo so với cách đo truyền thống

thì hiệu quả hơn, đối với phương pháp đo thủ công người đo chỉ đo được mép thoát và mép dẫn từ đó tính ra bước. Các giá trị trung gian trên từng cung là cực kỳ khó đo đạc vì vậy thời gian để đo chi tiết là cực kỳ lâu, trung bình mất hai ngày với hai người đo sẽ cho kết quả. Tuy nhiên với hệ thống máy CMM này người dùng cần thời gian thiết lập giới hạn vùng làm việc thì thiết bị sẽ tự động đo trong thời gian rất ngắn. Thực nghiệm khi đo cho chân vịt ở trên thì thời gian mất khoảng hai giờ để hoàn thành với độ chính xác cao.

Phần mềm có các chức năng cơ bản để đo các thông số hình học chân vịt tàu thủy. Tuy nhiên việc sử dụng số liệu đo này còn rất nhiều tiềm năng khác mà chương trình hiện nay chưa thực hiện trực tiếp tính toán được như diện tích mặt trải với độ chính xác cao. Việc nghiên cứu các số liệu này để phát triển thêm các tính năng đo là cần thiết.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thiết bị đo thông số hình học chân vịt đã đáp ứng được các mục tiêu đề ra. Nghiên cứu này góp phần tạo ra mẫu hệ thống thiết bị CMM có các chức năng đo các thông số hình học chân vịt tàu thủy một cách tự động bao gồm đo tọa độ biên dạng cánh chân vịt, đường kính chân vịt D , bước xoắn H , tỉ số bước xoắn H/D và tỉ số mặt đĩa θ . Bên cạnh đó, phần mềm điều khiển thiết bị giúp người vận hành có thể

khiển khiển tự động hoặc bán tự động một cách dễ dàng thông qua giao diện tiếng Việt. Các kết quả đầu vào được lấy từ các sensor và đầu ra được tính toán lập trình bằng phần mềm có kết nối với máy tính để thuận tiện trong việc xử lý số liệu phục vụ tính toán và mô hình hóa 3D trên các phần mềm khác. Độ chính xác của thiết bị và hiệu quả trong quá trình lấy dữ liệu là tin cậy thỏa mãn tiêu chuẩn ISO.

Kiến nghị, cần nghiên cứu thêm về rung động của hệ thống khi mô tơ vận hành ở tốc độ cao, thanh trượt di chuyển nhanh thì có xuất hiện hiện tượng rung. Cải tiến phần mềm bổ sung thêm các chức năng khác liên quan đến tính toán, thiết kế chân vịt. Một số chân vịt có đường kính nhỏ thì tại các vị trí gần tâm trục có thể không đo được vì vướng trục Z nên cần có thêm các lựa chọn thanh trượt trục Z nhỏ hơn để có thể đo được.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là một phần kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ (Mã số: B2022-TSN-06) “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thực nghiệm thiết bị đo tự động các thông số hình học chân vịt tàu thủy theo công nghệ đo hiện đại”. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo, Trường Đại học Nha Trang đã hỗ trợ kinh phí, tạo điều kiện về thời gian và cơ sở vật chất để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quốc Hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (2017), Luật thủy sản - Luật số 18/2017/QH14.
2. Bộ Nông nghiệp và phát triển Nông thôn (2018), Quy định về đăng kiểm viên tàu cá; công nhận cơ sở đăng kiểm tàu cá; bảo đảm an toàn kỹ thuật tàu cá, tàu kiểm ngư; đăng ký tàu cá, tàu công vụ thủy sản; xóa đăng ký tàu cá và đánh dấu tàu cá, Thông tư số 23/2018/TT-BNNPTNT.
3. Trần Gia Thái (2008), *Nghiên cứu chép hình chân vịt tàu thủy trên máy xung định hình RAM EDM*, Tạp chí khoa học - Công nghệ thủy sản.
4. Ngô Khánh Hiếu, Lê Tấn Hiền (2015), “Đặc trưng hình học và đặc tính thủy động lực chân vịt phương tiện thủy nội địa cỡ nhỏ”, *Science & Technology Development*, Vol 18,
5. Trần Gia Thái (2009), “Nghiên cứu tự động hoá thiết kế và chế tạo chân vịt tàu cá trên máy phay CNC”, *Tạp chí Khoa học – Công nghệ thủy sản*.
6. Đỗ Xuân Lộc (2024), “*Thiết kế, chế tạo thiết bị đo thông số hình học chân vịt tàu thủy*”, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật.

7. Chính phủ (2021), Quyết định số 339/QĐ-TTg ngày 11/03/2021 của Thủ tướng chính phủ về Chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
8. Trần Gia Thái (2009), Nghiên cứu xây dựng quy trình sửa chữa chân vịt tàu thủy trên máy phay CNC, *Tạp chí Khoa học – Công nghệ thủy sản*.
9. Trần Gia Thái (2009), “Tự động hóa vẽ và xây dựng mô hình chân vịt tàu từ các thông số thiết kế trong các chương trình CAD/CAM”, *Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ, tập 12, số 14*.
10. Nguyễn Xuân Mai, Võ Duy Bông (1993), *Hướng dẫn thiết kế chân vịt tàu thủy*, NXB Nông nghiệp.
11. Trần Công Nghị (2009), *Lý thuyết tàu Tập 2 – Sức cản vỏ tàu thiết bị đẩy tàu*, NXB Thành phố Hồ Chí Minh
12. Eirik B. Njaastad, Njaal H Munthe Kaas, Olav Egeland, *Robotic Autoscanning of highly skewed ship propeller blades* IFAC paperonline 51-22, pp 435-440, 2018.
13. V.H.Chana, C.Bradley, G.W.Vickersb, *A multi-sensor approach to automating co-ordinate measuring machine-based reverse engineering*, Computers in Industry, Volume 44, Issue 2, Pages 105-115, March 2001.
14. DaisukeTsutsumi, Kazuhide Kamiya, Kimihisa Matsumoto, NoritakaKawasegi, *Measurement of form error of a probe tip ball for coordinate measuring machine (CMM) using a rotating reference sphere*, Precision Engineering, Volume 61, Pages 41-47, January 2020.
15. Qiaokang Liang, Dan Zhang, Yaonan Wang, Yunjian Ge, *Development of a touch probe based on five-dimensional force/torque transducer for coordinate measuring machine (CMM)*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 28, Issue 2, Pages 238-244, April 2012.
16. International Standard ISO 484-2 (2015) for Shipbuiding – Ship screw propellers – Manufacturing tolerance; Part 2 – Propellers of diameter between 0,8-2,5m inclusive.