

Xây dựng bộ điều khiển các chế độ lặn khác nhau cho VIAM-AUV2000

Châu Thanh Hải, Trần Ngọc Huy*, Tôn Thiện Phương, Huỳnh Mạnh Diễn



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu về một dạng mới của robot lặn không người lái sử dụng cơ cấu tích hợp xylanh và đối trọng để hỗ trợ lặn nổi, hệ thống điện và cơ khí được xây dựng theo dạng từng module nhằm để dàng tích hợp, tháo lắp và mở rộng hệ thống. Trong đó, nêu ra tính toán biến dạng tối ưu cho robot lặn, tiến hành mô phỏng ứng suất, biến dạng tác động lên vỏ của mô hình robot để tiến hành lựa chọn vật liệu và độ dày vỏ thích hợp để đảm bảo robot bền vững ở độ sâu 50m. Bài báo cũng trình bày những ưu điểm nổi trội trong thiết kế lai tạo giữa dạng AUV truyền thống sử dụng thiết bị đẩy và bánh lái để xoay chuyển và dạng glider sử dụng cơ chế đối trọng và xylanh hút nước để lặn nổi. Ngoài ra, thiết kế hệ thống điều khiển cho robot cũng được đề cập và làm rõ thông qua lựa chọn các thiết bị cảm biến, cơ cấu chấp hành, thiết kế hệ thống mạch điện, hệ thống thiết bị đẩy 600W và bộ ước lượng góc xoay ba trục nhằm phục vụ khả năng hoạt động ổn định cho robot ở độ sâu 50m. Bên cạnh đó, bài báo còn trình bày mô hình toán của mô hình robot lặn VIAM-AUV2000, từ đó, tiến hành xây dựng và mô phỏng áp dụng các giải thuật điều khiển cho robot lặn hoạt động chính ở hai dạng: có sử dụng thiết bị đẩy (chế độ AUV) và không sử dụng thiết bị đẩy (chế độ Glider).

Từ khóa: AUV, cơ cấu lặn/nổi, chống thấm, thiết bị đẩy, bộ ước lượng góc xoay ba trục

GIỚI THIỆU

Ngày nay, sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, cùng với đó việc áp dụng robot ngày càng tăng không chỉ trong công nghiệp, nhà máy mà còn trong các ứng dụng quốc phòng và an ninh, thúc đẩy tăng trưởng thị trường kinh tế biển. Sự phát triển vượt bậc trong những năm qua của robot đặc biệt là robot lặn đã khiến chúng trở nên tinh vi và đáng tin cậy hơn cho ứng dụng thực thi trong quân sự và an ninh biển. Tình hình nghiên cứu và phát triển robot lặn trong và ngoài nước đã có những tiến bộ đáng kể trong hơn nửa thập kỷ qua. Bên cạnh các loại robot đã phát triển và phổ biến trong thời gian gần đây như tay máy (Robot Manipulators), robot sinh học (Bio Inspired Robots), robot di động (Mobile Robots), robot tự hành trên mặt đất (AGVs), robot tự hành trên mặt nước (USVs) phục vụ khảo sát môi trường¹,... thì robot tự hành dưới nước (ROVs, USVs, AUVs) ngày càng đóng một vai trò quan trọng trong cơ cấu định hướng phát triển kinh tế biển. Với lợi thế về vị trí địa lý khi Việt Nam nằm ở cực đông của bán đảo Đông Dương, là cửa ngõ biển cho các nước trên bán đảo Đông Dương và khu vực kinh tế Tây Nam Trung Quốc. Nước ta hội tụ đầy đủ các yếu tố không chỉ để phát triển giao thông vận tải mà còn sở hữu tiềm năng trong nền kinh tế biển. Đặc biệt, với tổng chiều dài đường bờ biển hơn 3.200

km, với diện tích chiếm khoảng 1.000.000 km² biển Đông. Các hoạt động kinh tế, khoa học, du lịch và bảo vệ chủ quyền trên biển đóng vai trò hết sức quan trọng. Hàng loạt công trình như cầu cảng, giàn khoan, đường ống dẫn dầu, nhà giàn đã và đang được xây dựng (Hình 1). Cùng lúc phát sinh những vấn đề về thăm dò, khảo sát và thực hiện các nhiệm vụ dưới nước, cứu hộ cứu nạn, trục vớt... Vì vậy nhiều mẫu AUV được nghiên cứu và phát triển trở thành một trong những nhiệm vụ cấp thiết để nắm lợi thế về biển và tài nguyên biển hay phục vụ cho mục đích quân sự², phòng thủ và do thám như: AUV Remus 100 của Woods Hole Oceanographic Institution³ có thể lặn sâu 100m với thời gian trên 10h ở vận tốc 2,3m/s. Lightweight AUV (LAUV)⁴ được phát triển tại đại học Porto hợp tác với OceanScan hoạt động ở độ sâu 20m, trong 8h với vận tốc 1,5-2m/s. Autosub6000 của Autonomous Undersea Vehicle Applications Center hoạt động ở độ sâu đến 6000m trong 30h với vận tốc 5km/h. Slocum Glider chế tạo bởi Teledyne Marine không sử dụng động cơ đẩy, có thể hoạt động trong thời gian đến vài tháng.⁵ Qua^{3,4} ta thấy được những ưu và nhược điểm của robot ở chế độ AUV được thiết kế theo kiểu sử dụng động cơ đẩy và cách lái để xoay chuyển tốt nhưng lại tốn năng lượng cho việc hoạt động trong khi robot ở chế độ glider⁵ lại có nhưng ưu điểm trong di chuyển

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

Liên hệ

Trần Ngọc Huy, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

Email: tnhuy@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 13-08-2019
- Ngày chấp nhận: 09-3-2021
- Ngày đăng: 31-3-2021

DOI: 10.32508/stdjet.v3iSI2.548

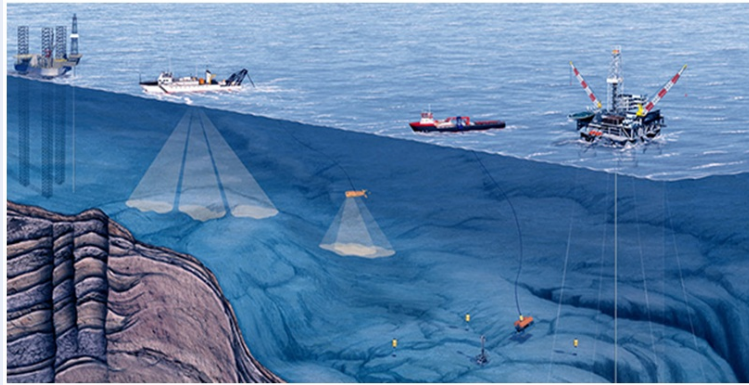


Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Hải C T, Huy T N, Phương T T, Diễn H M. **Xây dựng bộ điều khiển các chế độ lặn khác nhau cho VIAM-AUV2000.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 3(S12):SI114-SI128.



Hình 1: AUV được thiết kế ứng dụng trong lĩnh vực dầu khí.

đường dài tiết kiệm năng lượng nhưng bù lại có khuyết điểm trong việc xoay chuyển. Do đó, bài báo sẽ đưa ra mô hình cấu tạo mới của robot lặn trong sự kết hợp giữa chế độ AUV sử dụng động cơ và cánh lái để xoay chuyển và chế độ glider nhằm tích hợp những ưu điểm của hai dạng; Đồng thời, mô phỏng ứng suất tác động lên vỏ và mặt bích; nghiên cứu, thiết kế các giải thuật điều khiển cho hai cơ cấu lặn nổi: chế độ AUV và Glider; và thiết kế hệ thống điều khiển cho robot lặn.

THIẾT KẾ ROBOT LẶN

Cấu tạo robot lặn

Thông số kỹ thuật thiết kế:

- Biên dạng ngư lôi
- Độ sâu tối đa 50m
- Vận tốc tối đa 2m/s
- Hoạt động liên tục trong 2 giờ
- Khối lượng thiết bị 70kg

Cấu tạo của VIAM-AUV2000 bao gồm các chi tiết (Hình 2):

(1) Phần đầu robot; (2) Phần thân robot; (3) Phần đuôi robot; (4) Xy lanh; (5) Đối trọng; (6) Mạch điều khiển; (7) Pin; (8) Xy lanh; (9) Cánh đuôi; (10) Thiết bị đẩy.

Tính toán biên dạng và phần vỏ robot

Hầu hết các robot lặn dạng ngư lôi dựa trên biên dạng Myring (hình 3) với phần thân hình trụ, phần mũi và phần đuôi sẽ theo công thức (1), (2).⁶

Biên dạng phần mũi của robot:

$$r(x) = \frac{1}{2} \cdot d \cdot \left[1 - \left(\frac{x-a}{a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

Biên dạng phần đuôi của robot:

$$r(x) = \frac{1}{2} \cdot d - \left[\frac{3d}{2c^2} - \frac{\tan \theta}{c} \right] \cdot (x-a-b)^2 + \left[\frac{d}{c^3} - \frac{\tan \theta}{c^2} \right] \cdot (x-a-b)^3 \quad (2)$$

Trong đó:

$r(x)$: bán kính mặt cắt ngang tại vị trí x .

d : đường kính lớn nhất trên mặt cắt ngang.

a, b, c : lần lượt là chiều dài phần mũi, thân, đuôi của robot.

θ : góc tại vị trí phần đuôi đuôi.

n : Tham số mũ làm thay đổi biên dạng mũi tàu.

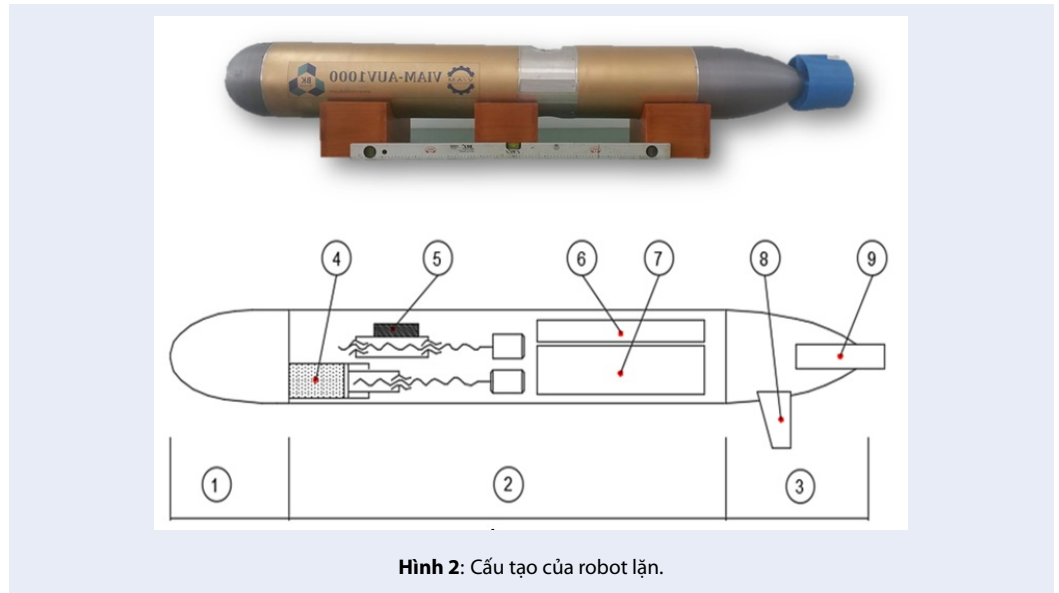
Bảng 1: Thông số kích thước bao của robot

Thông số	Giá trị
a	300 mm
b	1300 mm
c	330
d	250 mm
n	2
θ	25°

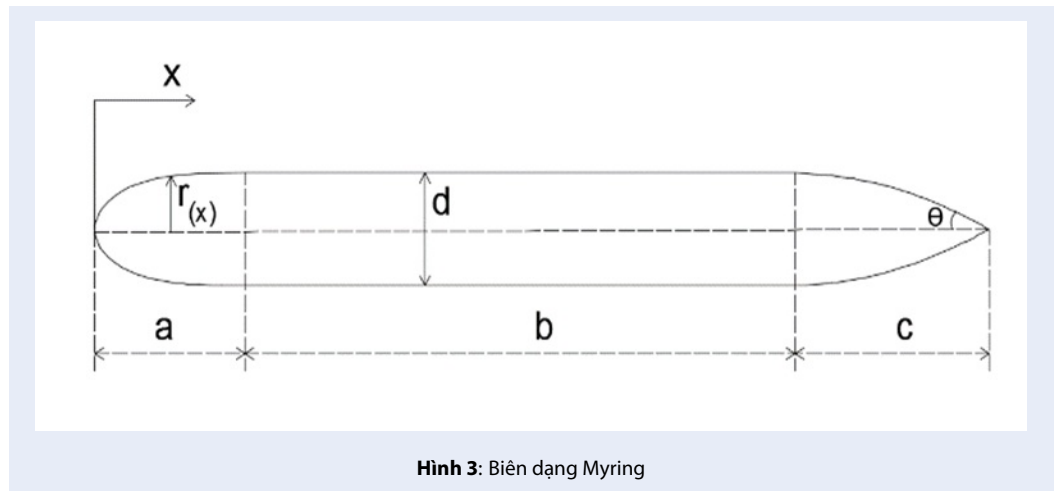
Các thông số kích thước của robot và tham số n, θ thiết kế được biểu diễn trong Bảng 1.⁷

Qua tìm hiểu các mẫu AUV trên thế giới cùng với các phương tiện hoạt động dưới nước, đặc biệt là môi trường nước biển, nhóm quyết định lựa chọn vật liệu nhôm hợp kim T6 – 6061 với cơ tính cho ở Bảng 2.⁶

Phân tích phần tử hữu hạn bằng module Simulation trong phần mềm Unigraphics NX với vỏ robot dày 4mm, dài 800mm, đường kính ngoài 250, 2 đầu cố định bằng vách ngăn, áp lực nước 0,5MPa ở độ sâu 50m (hình 4). Kết quả mô phỏng (hình 5, 6) cho thấy



Hình 2: Cấu tạo của robot lặn.



Hình 3: Biên dạng Myring

Bảng 2: Cơ tính nhôm hợp kim T6 – 6061

Cơ tính			
Độ bền kéo (MPa)	Ứng suất chảy (MPa)	Tỷ lệ kéo	Hệ số dẫn nhiệt (BTU hr.ft.°F)
≥310	≥270	10%	1160

ứng suất tối đa lên vỏ là 14,94 MPa $\ll [\sigma_c] = 275$ MPa, biên dạng tối đa 0,0287mm.

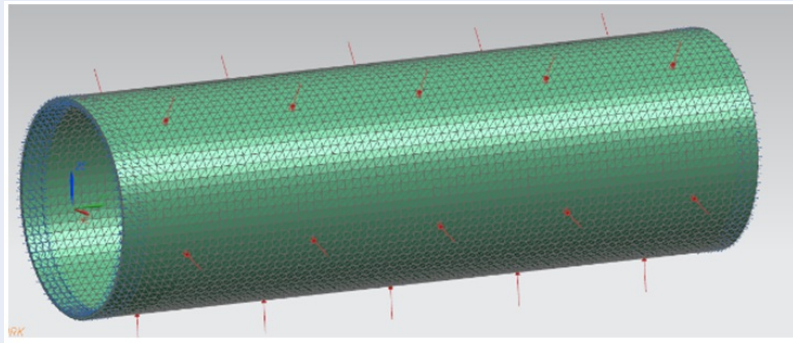
Tiến hành phân tích bích nắp robot với bề dày 3, 4, 6 mm ta thu được kết quả (hình 7a, 7b, và 7c, Bảng 3). Như vậy nắp có bề dày 4mm phù hợp với yêu cầu thiết kế. Tuy nhiên, với nhu cầu gá đặt, bích nắp robot còn chịu thêm nhiều nguồn tải trọng khác, như khối lượng của các thành phần trong hệ thống,... Bằng cách thêm các gân tăng cứng (hình 8) và phân tích, ta đi đến kết cấu bích nắp tại vị trí cuối khoang trên của robot trong

hình 8. Giá trị ứng suất cực đại là 48,84MPa, chuyển vị tối đa 0,0577mm (hình 9).

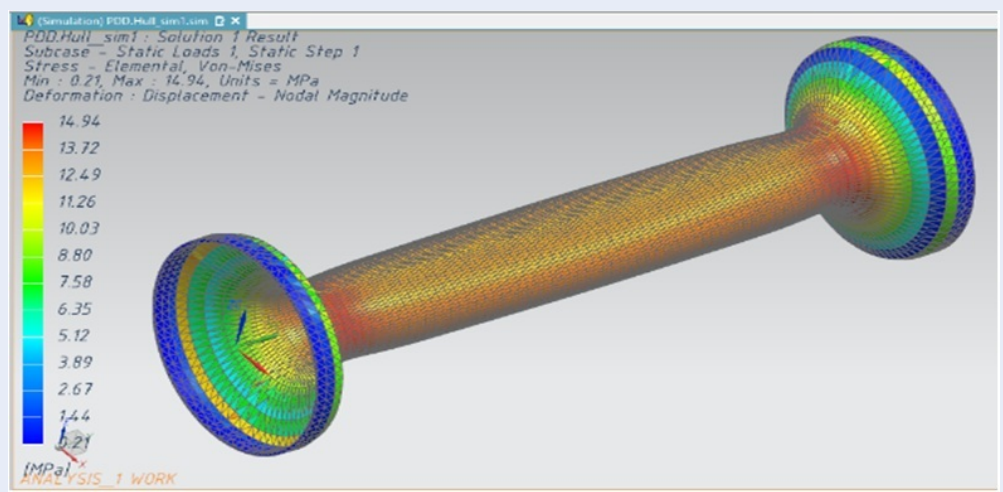
CẤU HÌNH HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ROBOT

Cấu tạo hệ thống

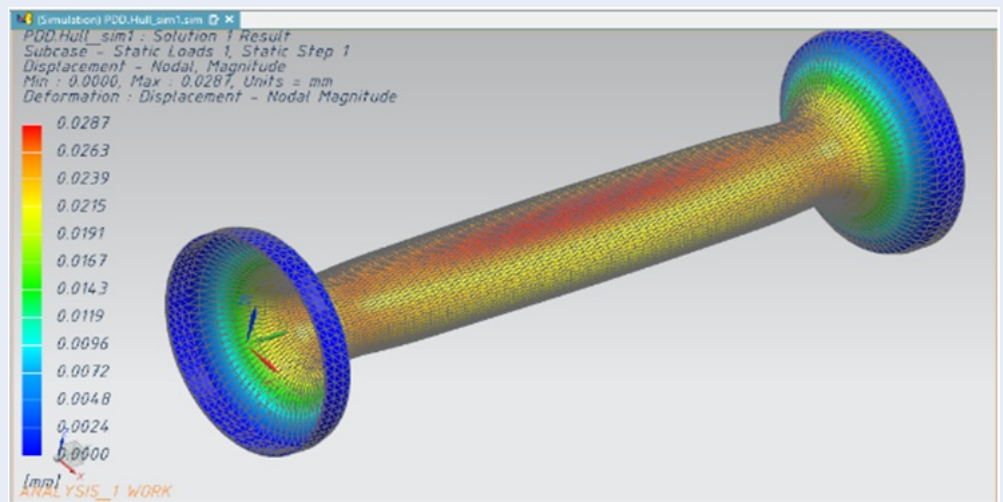
Robot được kết nối với trung tâm điều khiển đặt trên mặt nước (trên bờ, trên tàu mẹ...) thông qua hệ thống không dây RF, GSM/GPRS và Sonar, có nhiệm vụ



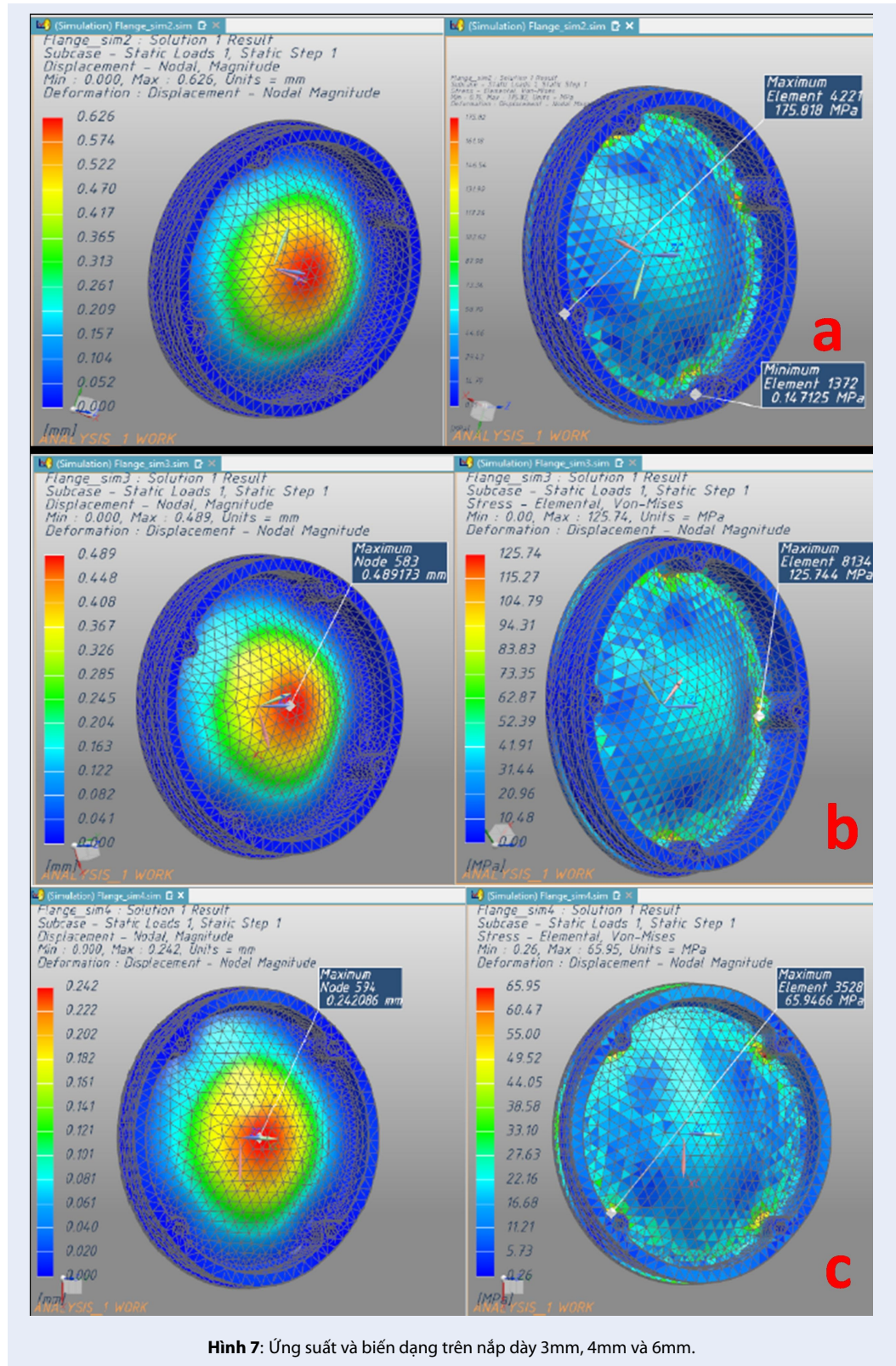
Hình 4: Phần đầu cố định và áp suất lên vỏ AUV



Hình 5: Trường ứng suất Von Mises lên thành vỏ robot.



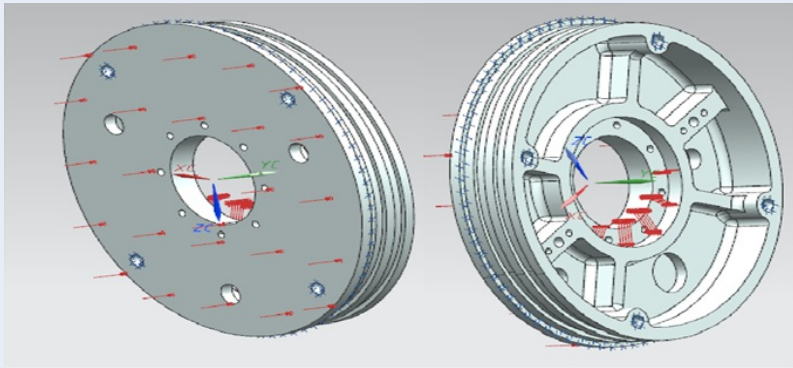
Hình 6: Biến dạng dẻo trên thân robot.



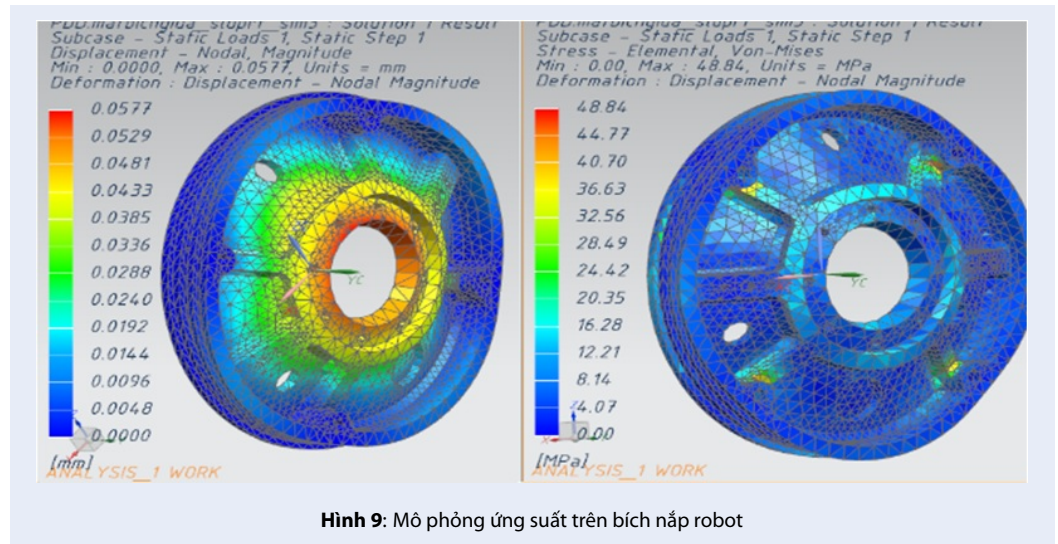
Hình 7: Ứng suất và biến dạng trên nắp dày 3mm, 4mm và 6mm.

Bảng 3: Giá trị ứng suất và biến dạng tối đa trên nắp.

Chiều dày mặt chắn (mm)	Áp lực tối đa tác dụng (MPa)	Kích thước biến dạng tối đa (mm)
3	175,8	0,626
4	125,8	0,489
6	65,94	0,242



Hình 8: Kết cấu bích nắp robot điển hình



Hình 9: Mô phỏng ứng suất trên bích nắp robot

truyền lệnh điều khiển tới robot, truyền dữ liệu thu được từ robot về trạm trung tâm để quản lý và ra lệnh điều khiển.

Kết cấu hệ thống điều khiển của robot được biểu diễn như Hình 10. Bộ xử lý trung tâm của robot sử dụng máy tính Conga PA3 có khả năng xử lý tốc độ cao các thông tin được truyền về, tạo tiền đề cho robot áp dụng các giải thuật cấp cao về dẫn hướng (Guidance) và điều khiển (Control) để phục vụ từng yêu cầu vận hành cụ thể. Hệ thống thu thập dữ liệu từ cảm biến và điều khiển các cơ cấu chấp hành được thiết kế sử dụng

các vi điều khiển lõi ARM tốc độ cao (STM32Fx) và được kết nối với nhau theo chuẩn truyền thông CAN có tốc độ truyền tin lên đến 1Mbit. Ngoài ra, robot còn được trang bị hệ thống các cảm biến mạnh mẽ, giúp robot thu thập chính xác các thông tin về trạng thái đang hoạt động và môi trường xung quanh để từ đó hỗ trợ cho việc robot đưa ra quyết định điều khiển. Hệ thống cảm biến bao gồm: cảm biến góc nghiêng (sai số < 2 độ), cảm biến GPS/INS (sai số < 1m theo phương ngang) sử dụng vi điều khiển trung tâm là STM32F7 với tốc độ xử lý nhanh và chính xác,

cảm biến vận tốc DVL (sai số $1\% \pm 1\text{mm/s}$), cảm biến độ cao đáy biển (Alimeter) và cảm biến độ sâu mặt nước (Pressure sensor). Dữ liệu từ các cảm biến trên sẽ được thu thập thông qua board điều khiển STM32F4 sau đó được truyền lên máy tính trung tâm bằng chuẩn CAN, rồi truyền lên GUI để hiển thị.

Hệ thống định vị

Hệ thống định vị tích hợp GPS/INS (Hình 11) được nhóm nghiên cứu phát triển, sử dụng thuật toán trong bộ ước lượng góc xoay 3 trục gồm 2 tầng, mỗi tầng là một bộ lọc Kalman mở rộng. Bảng 4 cho thấy sai số của hệ thống ở trạng thái tĩnh, quay quanh trục x, y, z, trạng thái tĩnh chịu ảnh hưởng từ trường ngoài và xoay quanh trục z chịu ảnh hưởng từ trường ngoài.

Thiết bị đẩy

Thiết bị đẩy được nhóm nghiên cứu thiết kế sử dụng cơ chế khớp nối từ để chống thấm và được thiết kế có cấu tạo vỏ nhôm như Hình 12 với các thông số kỹ thuật Bảng 5⁸. Thiết bị đẩy được thiết kế áp dụng các giải thuật PID và Fuzzy, thí nghiệm khảo sát thiết bị đẩy được thực hiện trong hồ nước, các kết quả thí nghiệm được trình bày trong Hình 13.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN LẶN, KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô hình hóa

Theo Fossen⁹, một robot lặn với 6 bậc tự do có thể được biểu diễn thông qua các phương trình vi phân phi tuyến sử dụng 12 biến trạng thái gồm $[x, y, z, \phi, \theta, \psi, u, v, w, p, q, r]$ như trong Hình 14. Khi đó phương trình động lực học của AUV như Hình 15.

Để dễ dàng kiểm chứng khả năng hoạt động của biên dạng robot đã thiết kế ta sẽ xây dựng một giải thuật điều khiển dùng PID và các chiến lược điều khiển lặn khác nhau.

Robot đang hoạt động ở chế độ Glider

Trong Hình 16, $[z_1, z_2]$ là khoảng độ sâu hoạt động mong muốn của robot, định nghĩa sai số z_e để kiểm soát độ sâu cũng như trạng thái của robot đang là lặn hay nổi. Bên cạnh đó gọi δ chính là khoảng cách để bù cho phần quán tính khi robot thay đổi giữa hai quá trình lặn/nổi.

Chiến lược điều khiển:

- Khi robot lặn thì ballast hút đầy nước và điều khiển để góc pitch hướng xuống là -30°
- Khi robot nổi thì ballast nhả hết nước và điều khiển để góc pitch hướng lên là 30°

Robot có sử dụng thiết bị đẩy (chế độ AUV)

Ta định nghĩa một vector luôn hướng về độ sâu mong muốn z_d (gọi là LOS vector) và sai số z_e như Hình 17. Khi đó nếu chọn Δ là hằng số thì có thể dễ dàng tính được góc θ_d để lái robot đến độ sâu mong muốn.

Ta có: $\theta_d = \arctan\left(\frac{z_e}{\Delta}\right)$ trong đó $z_e = z - z_d$.

Chiến lược điều khiển: Do khi sử dụng thiết bị đẩy thì việc lặn và nổi của robot có thể được hoàn toàn quyết định bởi góc pitch, do đó để đơn giản hóa việc điều khiển cũng như tiết kiệm năng lượng, ta sẽ điều chỉnh hệ ballast để có lực nổi B cân bằng với trọng lực W. Góc pitch sẽ được điều khiển theo θ_d để lái robot đến độ sâu mong muốn như đã trình bày ở trên.

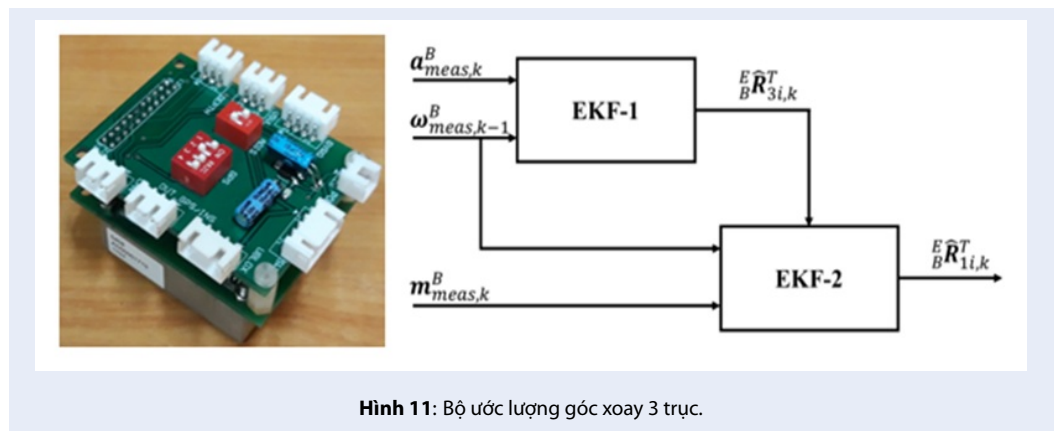
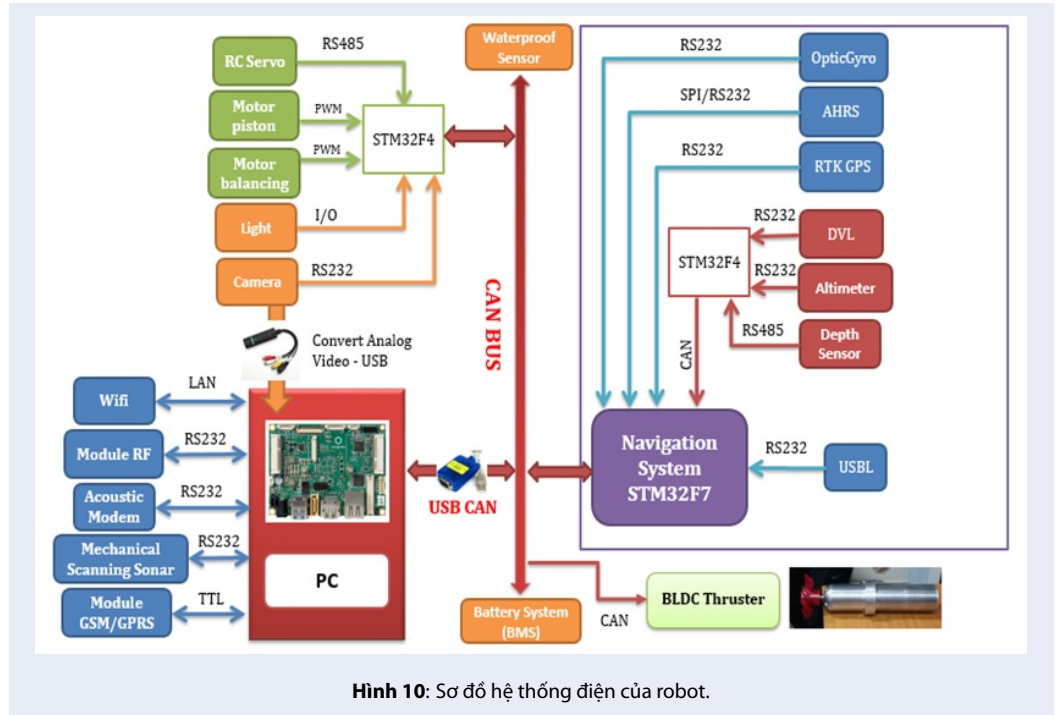
Do đó, thiết kế bộ điều khiển PID cho góc pitch với các hệ số được chọn là $K_p = 300$, $K_i = 40$ và $K_d = 800$. Ta có kết quả đáp ứng của mô hình robot lặn như sau:

- Khi robot không sử dụng thiết bị đẩy (Hình 18 và 19)
- Khi robot sử dụng thiết bị đẩy (Hình 20 và 21)

Từ kết quả mô phỏng thấy rằng ở chế độ Glider thì robot đã đáp ứng được góc pitch đặt ra góc quá trình lặn và nổi là $\pm 30^\circ$ cũng như giới hạn về tầm độ sâu hoạt động trong khoảng từ 10m đến 40m so với mặt nước (Hình 18), tín hiệu điều khiển vị trí piston và đối trọng (Hình 19) trong chế độ này cũng không có gai hay chuyển trạng thái đột ngột. Còn ở chế độ sử dụng thiết bị đẩy trong Hình 20, robot cũng đạt được độ sâu mong muốn sau khoảng 20s mặc dù có vọt lố và tín hiệu điều khiển của piston và vị trí đối trọng (Hình 21) không có hiện tượng bão hòa và gai, tuy nhiên điều này có thể chấp nhận được do robot là đối tượng bậc 6 có tính phi tuyến cao còn PID là bộ điều khiển tuyến tính, do đó chất lượng điều khiển hoàn toàn có thể được cải thiện nếu sau này ta áp dụng các giải thuật điều khiển phi tuyến. Qua đó, bộ điều khiển PID và chiến lược điều khiển đã xây dựng giúp robot hoạt động tốt, điều này chứng tỏ tính hiệu quả của biên dạng và phần thiết kế của robot trước đó.

KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cấu tạo của robot lặn không người lái, có khả năng lặn/nổi ở độ sâu 50m bằng cơ cấu kết hợp giữa xy lanh và đối trọng. Thông qua mô phỏng ứng suất, sử dụng phương pháp phân tích phần tử hữu hạn, mô phỏng ứng suất tác động lên thành vỏ với các độ dày khác nhau để đưa ra độ dày vỏ tối ưu nhất, đảm bảo robot có thể hoạt động ổn định ở độ sâu thiết kế. Những kết quả mà nhóm nghiên cứu đã đạt được trong việc xây dựng hệ thống điện thông qua lựa chọn các cảm biến, phần tử chấp hành, thiết kế phần



Bảng 4: Kết quả sai số thực nghiệm của hệ thống.

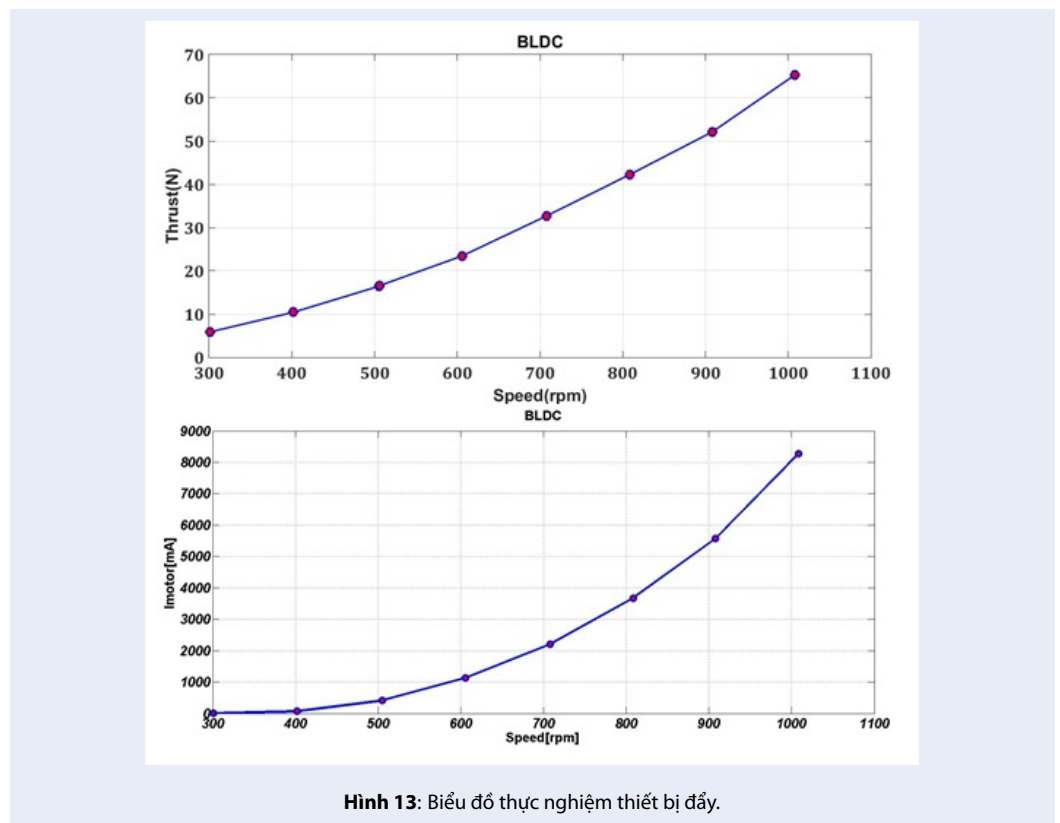
Experiment	RMS error (deg)		
	ϕ	θ	θ
STATIC	0.4055	0.0989	0.2977
TURN_X	0.2640	0.2892	0.3077
TURN_Y	0.4324	0.3495	0.3278
TURN_Z	0.6066	0.6297	0.5540
TURN_XYZ	0.5103	0.5013	0.7047
STATIC_MAG_EXT	0.3729	0.3529	0.7769
TURN_Z_MAG_EXT	0.4903	0.5509	2.7880



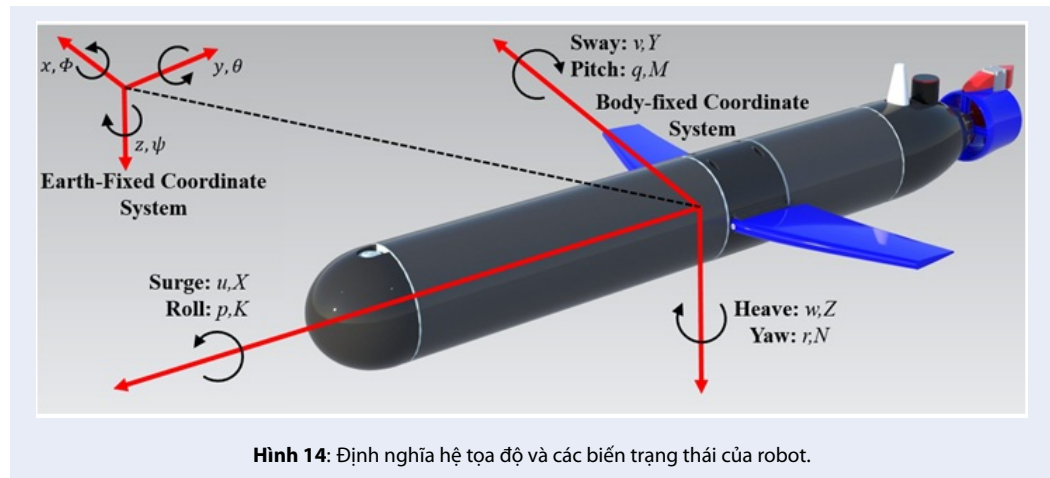
Hình 12: Thiết bị đẩy của robot.

Bảng 5: Thông số cơ bản của thiết bị đẩy.

Loại động cơ	Brushless DC
Công suất P(W)	600
Tốc độ (rpm)	1850
Độ sâu (m)	100
Lực đẩy tối đa (kgf)	8
Số cánh chân vịt	6
Nguồn cung cấp (Vdc)	48
Giao tiếp	CANBUS



Hình 13: Biểu đồ thực nghiệm thiết bị đẩy.



Hình 14: Định nghĩa hệ tọa độ và các biến trạng thái của robot.

cứng, thiết kế, điều khiển động cơ đẩy không chổi quét và xây dựng bộ ước lượng góc nghiêng ba trục để đảm bảo khả năng hoạt động ổn định cho robot lặn. Bên cạnh đó, bài báo còn trình bày mô hình hóa và xây dựng các giải thuật điều khiển cho robot, mô phỏng ở hai chế độ AUV và Glider, khảo sát tính hoạt động ổn định ở cả hai chế độ và cũng đã trình bày các kết quả mô phỏng mà nhóm đã thực hiện.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia Điều khiển số và Kỹ thuật Hệ thống (DCSELAB), Đại học Bách Khoa và kinh phí bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh dưới mã đề tài B2018-20b-01.

TUYÊN BỐ XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xác nhận bài báo này không có xung đột lợi ích

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Trần Ngọc Huy xây thuật toán điều khiển và viết nội dung điều khiển

Châu Thanh Hải thiết kế hệ thống điện, mô phỏng thuật toán điều khiển và viết nội dung điều khiển

Tôn Thiện Phương lên ý tưởng thiết kế và viết nội dung thiết kế

Huỳnh Mạnh Diễn tính toán, mô phỏng biên dạng vỏ và viết nội dung mô phỏng

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tran NH, Nguyen TC, Tran VT, Nguyen VC, Nguyen TN. The Design of an VIAM-USVI000 Unmanned Surface Vehicle for Environmental Monitoring Applications. 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD). 2018;p. 23–24.
2. Hagen PE, Størkersen N, Vestgård K, Kartvedt P, Sten G. Operational military use of the HUGIN AUV in Norway. UDT Europe 2003, At Malmö, Sweden. 2003;.
3. Kukuly A, et al. Under-ice operations with a REMUS-100 AUV in the Arctic. Proc. AUV 2010 IEEE Conference, Monterey, CA, USA. 2010; Available from: <https://doi.org/10.1109/AUV.2010.5779661>.
4. Alexandre S, et al. LAUV: The man-portable Autonomous Underwater Vehicle. IFAC Proceedings. 2012;.
5. Russell W, et al. Global Inventory of AUV and Glider Technology available for Routine Marine Surveying. Marine Renewable Energy Knowledge Exchange Program. 2013;.
6. Prestero T, et al. Verification of a six-degree of freedom simulation model for the REMUS autonomous underwater vehicle. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA. 2001; Available from: <https://doi.org/10.1575/1912/3040>.
7. Chất T, Uyển LV. Tính toán hệ dẫn động cơ khí. NXB Giáo dục Việt Nam. 2014;1.
8. Tran NH, et al. Study on Design, Analysis and Control an Underwater Thruster for UUV. Lecture Notes in Electrical Engineering. 2017;p. 465.
9. Fossen TI. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. Wiley, New York. 2011; Available from: <https://doi.org/10.1002/9781119994138>.
10. Jeong SK. Design and Control of High Speed Unmanned Underwater Glider. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. 2016;p. 273–279. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0035-1>.

$$\begin{aligned}
 m[\dot{x}_G - vr + wq - x_G(q^2 + r^2) + y_G(pq - \dot{x}_G) + z_G(pr + \dot{y}_G)] &= \sum X_{ext} \\
 m[\dot{y}_G - wp + ur - y_G(r^2 + p^2) + z_G(qr - \dot{y}_G) + x_G(qp + \dot{x}_G)] &= \sum Y_{ext} \\
 m[\dot{z}_G - uq + vp - z_G(p^2 + q^2) + x_G(rp - \dot{z}_G) + y_G(rq + \dot{y}_G)] &= \sum Z_{ext} \\
 I_{xx}\dot{p} + (I_{zz} - I_{yy})qr + m[y_G(\dot{x}_G - uq + vp) - z_G(\dot{y}_G - wp + ur)] &= \sum K_{ext} \\
 I_{yy}\dot{q} + (I_{xx} - I_{zz})rp + m[z_G(\dot{x}_G - vr + wq) - x_G(\dot{y}_G - uq + vp)] &= \sum M_{ext} \\
 I_{zz}\dot{r} + (I_{yy} - I_{xx})pq + m[x_G(\dot{y}_G - wp + ur) - y_G(\dot{x}_G - vr + wq)] &= \sum N_{ext}
 \end{aligned} \tag{3}$$

Vế phải của (3) là tổng các thành phần ngoại lực tác động lên robot, theo [10] bao gồm:

$$\begin{aligned}
 \sum X_{ext} &= X_{\dot{x}_G} + Z_{\dot{z}_G}vq + Z_{\dot{q}}q^2 - Y_{\dot{y}_G}r - Y_{\dot{r}}r^2 + X_{HS} + X_{u|u}|u| + X_{prop} + X_R \\
 \sum Y_{ext} &= Y_{\dot{x}_G} + Y_{\dot{z}_G}r - X_{\dot{z}_G}vr - Z_{\dot{y}_G}vp - Z_{\dot{p}}pq + Y_{HS} + Y_{|v|}|v| + Y_{|r|}|r| + Y_{uv}uv + Y_R \\
 \sum Z_{ext} &= Z_{\dot{y}_G}uq + Z_{\dot{p}}rp - X_{\dot{p}}uq + Y_{\dot{y}_G}vp + Y_{\dot{r}}rp + Z_{HS} + Z_{|v|}|v||w| + Z_{|q|}|q||q| + (Z_{uv} + Z_{uv'})uv + Z_{uq'}uq \\
 \sum K_{ext} &= K_{\dot{p}}\dot{p} + (Z_{\dot{z}_G} - Y_{\dot{z}_G})wv + (Z_{\dot{q}} + Y_{\dot{q}})vq - (Z_{\dot{q}} + Y_{\dot{q}})wr + (N_{\dot{z}_G} - M_{\dot{z}_G})qr + K_{HS} \\
 &\quad + K_{|p|}|p| + K_{prop} \\
 \sum M_{ext} &= Z_{\dot{p}}\dot{p} + M_{\dot{z}_G}r - (Z_{\dot{z}_G} - X_{\dot{z}_G})uv - Y_{\dot{y}_G}vp + (K_{\dot{z}_G} - N_{\dot{z}_G})rp - Z_{\dot{q}}uq + M_{HS} + M_{|v|}|v||w| \\
 &\quad + M_{|q|}|q| + (M_{uv} + M_{uv'})uv + M_{uq'}uq \\
 \sum N_{ext} &= N_{\dot{x}_G} + N_{\dot{z}_G}r - (X_{\dot{z}_G} - Y_{\dot{z}_G})uv + Z_{\dot{y}_G}vp - (K_{\dot{z}_G} - M_{\dot{z}_G})pq + Y_{\dot{y}_G}ur + N_{HS} + N_{|v|}|v||v| \\
 &\quad + N_{|r|}|r| + N_{uv}uv + N_R
 \end{aligned} \tag{4}$$

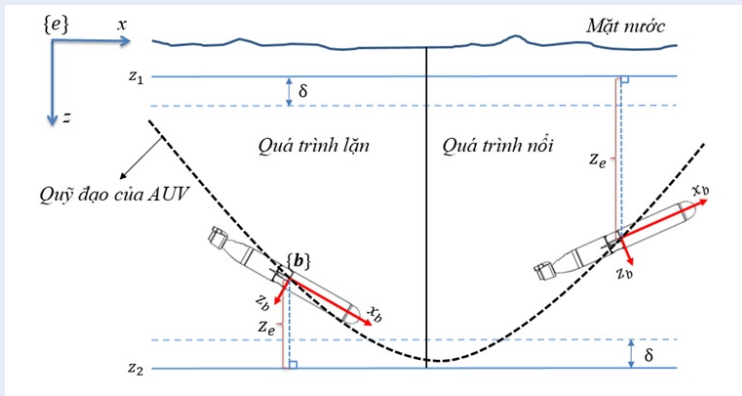
trong đó:

$$\begin{aligned}
 X_{HS} &= -(W - B) \sin \theta \\
 Y_{HS} &= (W - B) \cos \theta \sin \phi \\
 Z_{HS} &= (W - B) \cos \theta \cos \phi \\
 K_{HS} &= (y_G W - y_B B) \cos \theta \cos \phi - (z_G W - z_B B) \cos \theta \sin \phi \\
 M_{HS} &= -(z_G W - z_B B) \sin \theta - (x_G W - x_B B) \cos \theta \cos \phi \\
 N_{HS} &= (x_G W - x_B B) \cos \theta \sin \phi + (y_G W - y_B B) \sin \theta
 \end{aligned} \tag{5}$$

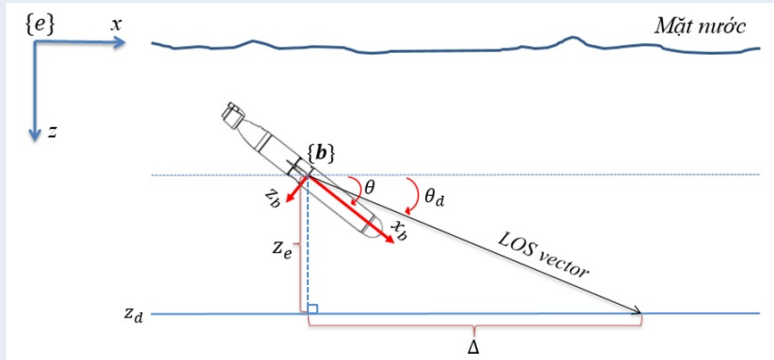
X_{prop}, K_{prop} : là lực và moment sinh ra bởi thiết bị đẩy

X_R, Y_R, N_R : là lực và moment của bánh lái

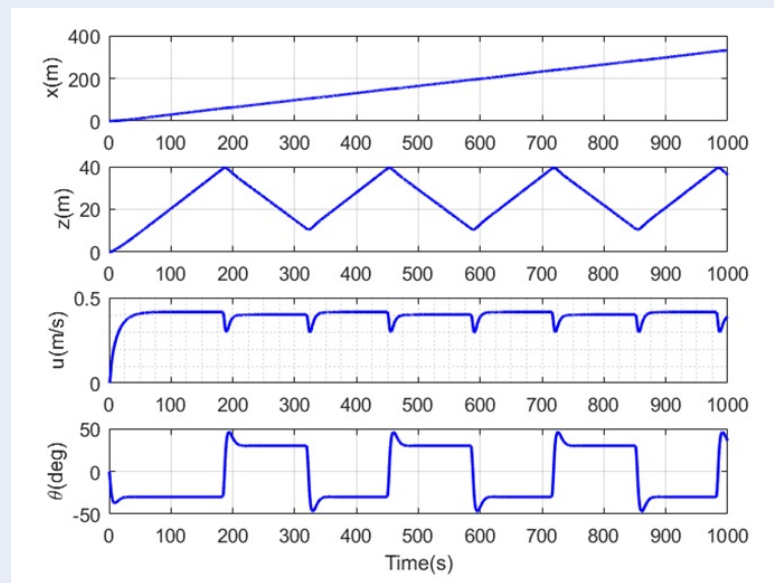
Hình 15: Phương trình (3), (4)¹⁰ và (5)



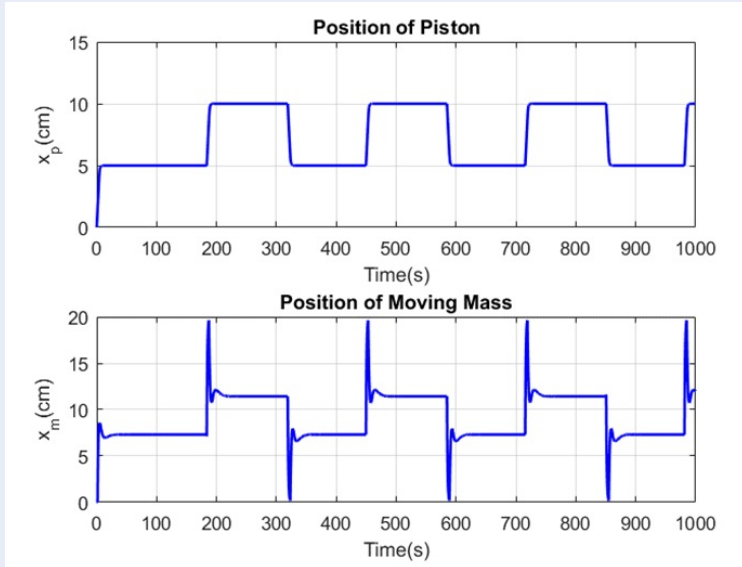
Hình 16: Mô tả các tham số trong quá trình lặn/nổi của AUV.



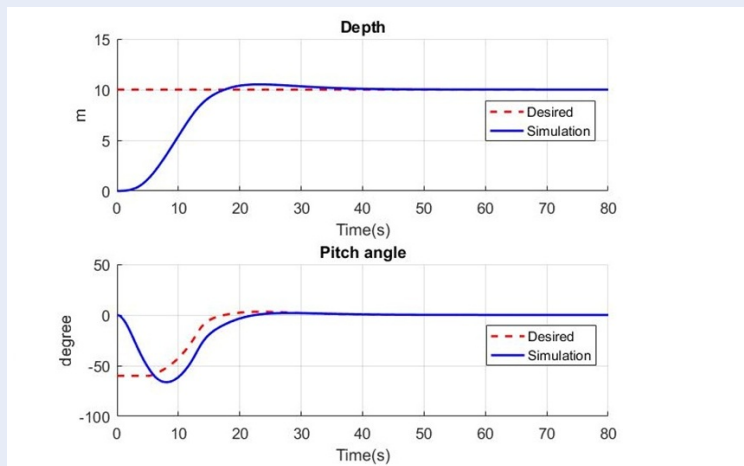
Hình 17: Định nghĩa các biến và vector LOS trong quá trình di chuyển của robot.



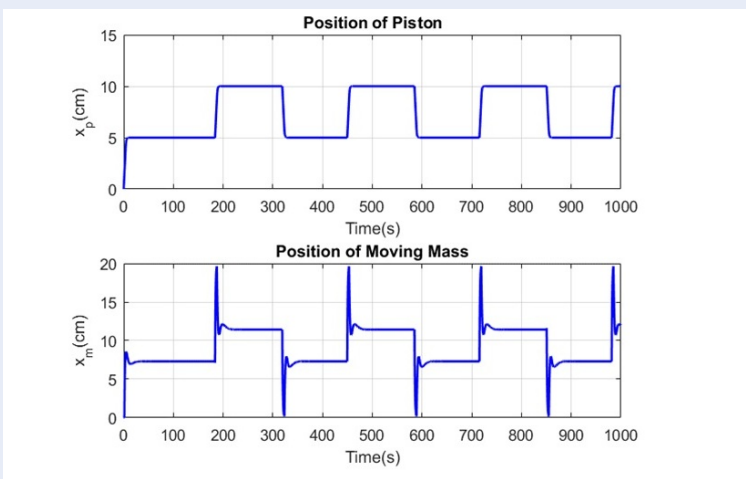
Hình 18: Đồ thị vị trí theo phương x, độ sâu z, vận tốc u và góc pitch θ .



Hình 19: Đáp ứng vị trí piston và đổi trọng trong quá trình di chuyển.



Hình 20: Đáp ứng độ sâu và góc pitch của robot (nét đứt: giá trị đặt, nét liền: giá trị mô phỏng).



Hình 21: Đáp ứng vị trí piston và đổi trọng trong quá trình di chuyển.

Building the controller for differential diving modes of VIAM-AUV2000

Thanh-Hai Chau, Ngoc-Huy Tran^{*}, Thien-Phuong Ton, Manh-Dien Huynh



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

This paper presents a new form of the autonomous underwater vehicle with a built-in subsystem of cylinder and counterbalance to support floating and diving, the electrical and mechanical system is built-in a modular form for easy integration and disassembly - mounting and expanding the system. In particular, show optimal calculation for diving robot's profile, simulating stress, deformation impact on the profile of the robot to select the hull's material and thickness to make sure the robot is durable and steady at a depth of 50m. The paper also presents advantages of hybrid design between traditional AUV which uses propeller and rudder to turn and glider using counterbalance and cylinder to dive. In addition, the design of the control system for the robot is also mentioned and clarified through the selection of sensors, actuators, designing electrical circuit, designing 600W thruster and tri-axis rotation angles estimator for stable operation of the robot at a depth of 50m. In addition, the paper also presents the dynamic model of the diving robot VIAM-AUV2000, from which, builds, simulates and applies controller for diving robot in two main forms: using thruster (AUV mode) and not using thruster (Glider mode).

Key words: AUV, structure of diving/ floating, waterproof, thruster, tri-axis rotation angles estimator

Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

Correspondence

Ngoc-Huy Tran, Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

Email: tnhuy@hcmut.edu.vn

History

- Received: 13-8-2019
- Accepted: 09-3-2021
- Published: 31-3-2021

DOI : 10.32508/stdjet.v3iS12.548



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Chau T, Tran N, Ton T, Huynh M. **Building the controller for differential diving modes of VIAM-AUV2000.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 3(S12):SI114-SI128.