

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THU NĂNG LƯỢNG CỦA THIẾT BỊ LẶN TỰ HÀNH AUV CÓ CÁNH NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI LINH HOẠT

RESEARCHING THE ENERGY-HARVESTING CAPABILITIES OF AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES (AUV) WITH FLEXIBLE SOLAR WINGS

Nguyễn Văn Tuấn^{1,2}, Đinh Văn Phong², Nguyễn Chí Hưng², Mai Thế Thắng³

¹Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Khoa Cơ khí – Cơ điện tử, Trường Đại học Phenikaa

³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Nguồn năng lượng cho thiết bị lặn tự hành (Autonomous Underwater Vehicles – AUV) là một trong những vấn đề được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. AUV là một thiết bị tự hoạt động dựa theo chương trình cài đặt trước, hoặc được điều khiển, thay đổi chương trình từ xa. Với những tính năng ưu việt của AUV trong các lĩnh vực: Nghiên cứu khoa học biển, hàng hải, khảo sát đại dương, thám hiểm, kinh tế biển, dầu khí, an ninh quốc phòng, giám sát đo đạc và trong công tác cứu hộ cứu nạn. Do đó, AUV được rất nhiều nước phát triển quan tâm.

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu phát triển một loại AUV cỡ nhỏ, hoạt động gần bờ, có khả năng tự bổ sung năng lượng mặt trời bằng các cánh năng lượng có khả năng đóng mở. Mục đích phục vụ các nhiệm vụ khảo sát, giám sát, đo đạc và nghiên cứu. Khi cần thiết AUV sẽ nổi gần bề mặt nước và mở cánh năng lượng để thu năng lượng mặt trời. Việc tối ưu cánh năng lượng mặt trời giúp giảm lực cản tác dụng lên AUV trong quá trình di chuyển, tăng hiệu suất thu năng lượng mặt trời, do đó tăng thời gian hoạt động của AUV, thiết bị lặn có thể hoạt động dài ngày trên biển, trên các vùng nước sâu, xa bờ.

Từ khóa: Thiết bị lặn tự hành; AUV; Năng lượng mặt trời; Cánh năng lượng linh hoạt.

ABSTRACT

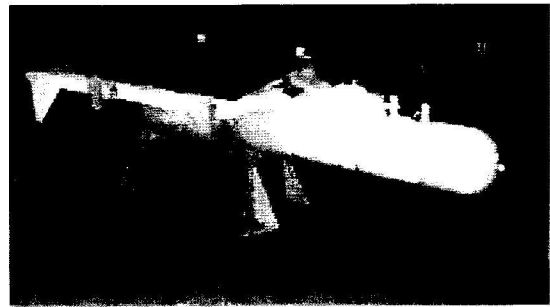
Energy source for Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) is one of the problems that many researchers are concerned about. The AUV is a device that automatically operates according to preset programs, or to be controlled, to change the program remotely. With the advantages of AUV in the fields of: marine scientific research, marine, ocean survey, exploration, marine economics, oil and gas, security and defense, surveillance and research work. Rescue. Therefore, AUV is developed by many countries.

In this study, my team develop a small, near-shore AUV that is able to replenish solar energy with flexible energy blades when moving. Purpose for survey, supervision, measurement and research tasks. When necessary, the AUV will float close to the surface of the water and open the energy wings to collect solar energy. The solar wing optimization helps to reduce the drag impact on the AUV during travel, increases the efficiency of solar energy collection thereby increasing the operating time of the AUV. With this design, it can work for a long time day at sea, in deep, offshore waters.

Keywords: Autonomous Underwater Vehicles; AUV; Energy Solar; Flexible solar wing.

1. MỞ ĐẦU

Thiết bị lặn tự hành dưới nước AUV đang được ứng dụng nhiều trong các ngành như: Hải dương học; Thủy sản; Giám sát môi trường; An ninh quốc phòng; Cứu hộ cứu nạn,... Với khả năng di chuyển tự động, AUV rất phù hợp cho những nhiệm vụ thám hiểm vùng nước sâu hoặc cần hoạt động dài ngày [1]. Thiết bị lặn tự hành dưới nước AUV là một thiết bị tự động, có thể lập trình được, tùy thuộc vào thiết kế của chúng, có thể tự hành, hoặc điều khiển từ xa bằng việc gửi các lệnh thực thi hoặc là hoạt động bán tự động mà không cần người điều khiển theo thời gian thực [2]. AUV được kỳ vọng sẽ đóng một vai trò quan trọng hơn nữa trong tương lai, ví dụ như trong khai thác biển, lắp đặt dầu khí dưới biển và các cuộc khảo sát quy mô lớn dưới đáy biển, các nghiên cứu xa bờ [7]. Khả năng tích trữ năng lượng trên thiết bị lặn tự hành là một yếu tố quan trọng khi thiết kế và vận hành thiết bị lặn AUV. Với những hạn chế về kích thước, khối lượng và các yêu cầu thiết kế khác nhau, việc lưu trữ năng lượng trên AUV thường bị hạn chế, do đó thời gian hoạt động của AUV có những giới hạn. Việc tích hợp các hệ thống bổ sung năng lượng cho thiết bị lặn tự hành đã được nghiên cứu. Viện Công nghệ IMTP và Viện Hàn lâm Khoa học Nga đã đánh giá các công nghệ cần thiết cho một AUV chạy bằng năng lượng mặt trời [3]. Một trong những sản phẩm của chương trình phát triển này là chế tạo và thử nghiệm mẫu thiết bị lặn tự hành thu năng lượng mặt trời với tên SAUV I có các thông số kỹ thuật là: Khối lượng 90 kg, chiều dài 1,7m, rộng 0,7m, đường kính vỏ là 0,24m [3].



Hình 1. Thiết bị lặn SAUV I [3].



Hình 2. Thiết bị lặn SAUV II [4].

Thiết bị lặn SAUV II là phiên bản nâng cấp của SAUV I là một AUV chạy bằng năng lượng mặt trời, được thiết kế cho các nhiệm vụ giám sát, khảo sát và bảo trì trong thời gian dài, đảm bảo thông tin liên lạc vào bờ trong điều kiện thời gian thực [3]. SAUV II có khả năng hoạt động suốt ngày đêm bằng việc sử dụng năng lượng mặt trời để sạc lại pin lithium ion vào ban ngày và thực hiện nhiệm vụ được lập trình sẵn vào ban đêm. Chiến lược này quản lý mức tiêu thụ năng lượng và cho phép SAUV II hoạt động tại trạm giám sát trong vài tháng. Nghiên cứu này chế tạo mô hình AUV giám sát ven biển với hệ thống thu năng lượng mặt trời có độ bền cao [4].

Với khả năng di chuyển tự động trong môi trường nước, AUV rất phù hợp cho những nhiệm vụ thám hiểm vùng nước sâu, độc hại hoặc cần hoạt động dài ngày. Tuy nhiên, việc thiết kế cánh năng lượng cố định sẽ làm tăng lực cản chuyển động lên thiết bị lặn tự hành AUV

khi di chuyển [8]. Vì kết cấu hình dáng của thiết bị lặn ảnh hưởng đến lực cản khi di chuyển. Lực cản càng lớn thì khả năng di chuyển càng khó khăn, tổn thất năng lượng càng lớn. Mối quan hệ giữa lực cản và hình dáng, kích thước, vận tốc thiết bị lặn AUV được thể hiện qua công thức sau:

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot c_d \cdot S \quad (1)$$

Trong đó: F_{drag} là lực cản tác dụng lên thiết bị lặn tự hành AUV theo phương chuyển động; ρ là khối lượng riêng của nước; u là vận tốc của thiết bị lặn tự hành AUV; c_d là hệ số sức cản hình dáng; S là diện tích hình chiếu của AUV lên mặt phẳng vuông góc với hướng chuyển động.

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đưa ra ý tưởng thiết kế, chế tạo một thiết bị lặn tự hành cỡ nhỏ có bổ sung năng lượng bằng cánh năng lượng mặt trời linh hoạt. Ở trạng thái AUV di chuyển thì cánh năng lượng đóng, chỉ mở ra khi AUV nổi lên gần bề mặt nước thu năng lượng trong thời gian có nắng trong ngày. Việc tối ưu cánh năng lượng nhằm giảm kích thước, hình dáng thiết bị lặn, có thể thay đổi khi di chuyển, do đó giảm lực cản tác dụng lên thiết bị lặn tự hành, tăng hiệu suất thu năng lượng mặt trời, giảm năng lượng tiêu hao, giúp thiết bị lặn AUV có thể hoạt động dài ngày mà không cần thu hồi để sạc bổ sung.

2. THIẾT BỊ LẶN TỰ HÀNH CÓ CÁNH NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI LINH HOẠT

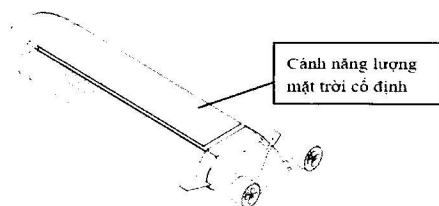
2.1. Nguồn năng lượng mặt trời tại Việt Nam

Việt Nam là một nước có đường bờ biển dài trên 3.000km, vùng lãnh hải rộng lớn với nhiều quần đảo. Do đó, việc nghiên cứu AUV sẽ có rất nhiều tiềm năng ứng dụng cho các hoạt động kinh tế, xã hội, an ninh quốc phòng

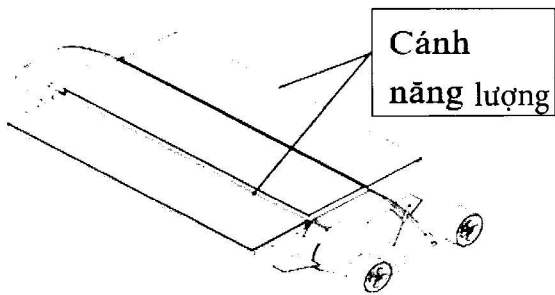
và trong nghiên cứu khoa học. Hơn nữa, Việt Nam là một quốc gia nhiệt đới cận xích đạo, vì vậy, Việt Nam có lượng bức xạ mặt trời rất lớn với số giờ nắng từ 1.400 – 2.600 giờ/năm. Phía Bắc bình quân có khoảng từ 1.400-2.100 giờ nắng/năm, phía Nam từ Đà Nẵng trở vào bình quân từ 2.000 - 2.600 giờ nắng/năm. Những số liệu quan trắc của các trạm cho thấy, năng lượng bức xạ trung bình trên cả nước mỗi ngày từ 3,3 – 5,7 kWh/m². Tiềm năng sử dụng năng lượng ở hầu khắp mọi vùng trong cả nước là rất cao. Vì vậy, việc nghiên cứu thiết bị lặn tự hành có bổ sung năng lượng mặt trời tại Việt Nam là cần thiết và khả thi, hơn nữa Việt Nam là một quốc gia có đường bờ biển dài và vùng lãnh hải rộng lớn, yêu cầu có những thiết bị lặn tự hành để phục vụ nghiên cứu, giám sát môi trường biển, khảo sát, kinh tế biển, an ninh quốc phòng,...

2.2. Xây dựng mô hình thiết bị lặn AUV tích hợp hệ thống bổ sung năng lượng mặt trời

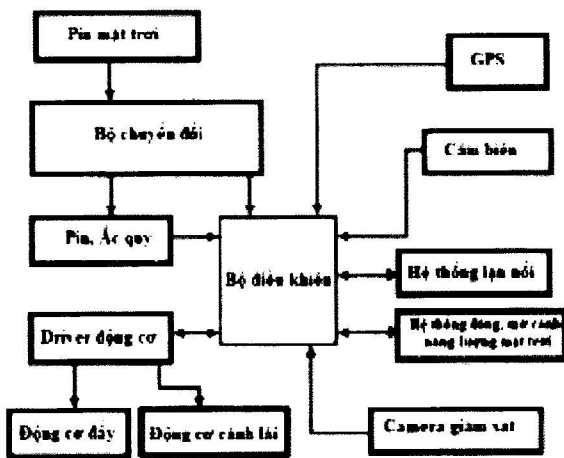
Mô hình được nhóm nghiên cứu thiết kế có kích thước dài 1,35m, rộng từ 0,3m - 0,6m và cao 0,3 m. Tấm panen pin mặt trời gồm 6 tấm mắc song song; gồm 2 tấm cố định phía trên và 4 tấm panen pin mặt trời linh hoạt ở hai cánh. Kích thước AUV tương đối nhỏ và có cánh năng lượng linh hoạt, do vậy dễ dàng triển khai và vận hành. Thiết bị lặn AUV có thể điều khiển từ xa hoặc được lập trình chương trình trước hoặc có thể thay đổi chương trình thông qua liên lạc tần số vô tuyến (RF) hoặc vệ tinh.



Hình 3. Thiết bị lặn tự hành AUV trường hợp cánh năng lượng đóng.



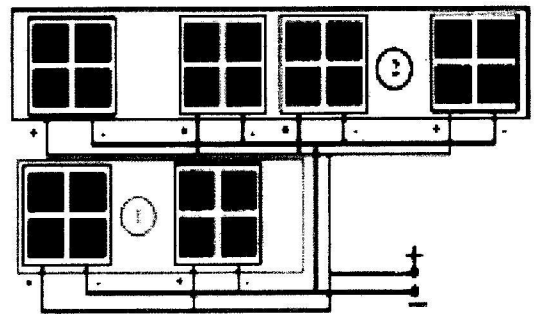
Hình 4. Thiết bị lặn tự hành AUV trường hợp cánh năng lượng mở.



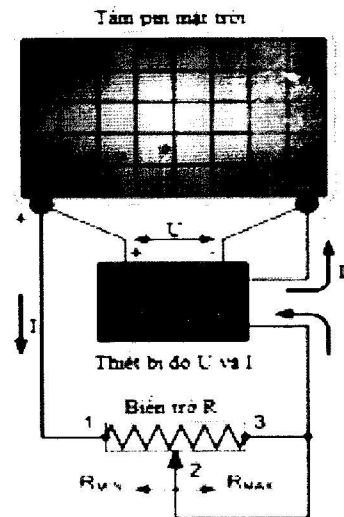
Hình 5. Sơ đồ hệ thống điều khiển AUV tích hợp hệ thống bổ sung năng lượng mặt trời.

2.3. Sơ đồ mạch đo khả năng thu năng lượng mặt trời của AUV

AUV được bố trí 6 tấm panen pin mặt trời, mỗi tấm có thông số kỹ thuật như Bảng 1. Các tấm panen pin mặt trời được mắc song song với nhau như sơ đồ Hình 6. Cụm số 1 gồm 2 tấm panen pin mặt trời gắn cố định phía trên đỉnh thân của thiết bị lặn AUV. Cụm số 2 gồm 4 tấm panen pin mặt trời được lắp đặt ở 2 cánh năng lượng linh hoạt. Cánh linh hoạt được đóng- mở bằng hệ thống xi lanh, cánh năng lượng linh hoạt chỉ mở khi thu năng lượng mặt trời.



Hình 6. Sơ đồ kết nối các tấm panen pin mặt trời.



Hình 7. Sơ đồ đo khả năng thu năng lượng của các tấm pin mặt trời.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của pin năng lượng mặt trời:

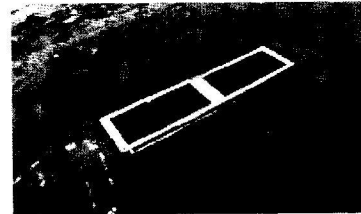
TT	Thông số kỹ thuật	Ký hiệu	Giá trị
1	Công suất định mức	P	30W
2	Điện áp danh định	Vmp	18V
3	Dòng danh định	Imp	1,67A
4	Điện áp hở mạch	Voc	22.3V
5	Dòng hở mạch	Isc	1.82 A
6	Loại Pin mặt trời		Silic đơn tinh thể
7	Kích thước	dài x rộng x dày	45 cm x 28 cm x 0,3 cm

Nguồn năng lượng để thiết bị lặn AUV hoạt động luôn là vấn đề được quan tâm. Trong nghiên cứu [5], [6] cho thấy, hầu hết các loại thiết bị lặn tự hành cỡ nhỏ và vừa hầu hết sử dụng pin là nguồn năng lượng chính. Trong nghiên cứu này, tác giả cũng sử dụng pin làm nguồn năng lượng gồm: 8 pin Lithium LiFePO4 32650, với dung lượng là 3,2 V; 6.000 mAh. Lắp thành 2 cụm, mỗi cụm mắc nối tiếp 4 pin tạo ra nguồn có điện áp 12,8V. Sau đó, mắc 2 cụm song song với nhau.

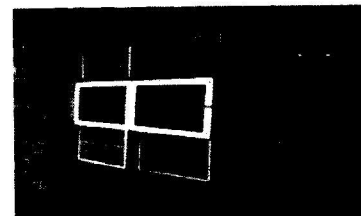


Hình 8. Pin LiFePO4 32650 được sử dụng.

và dòng điện được đo và ghi lại. Mỗi vị trí, thời điểm đo được thực hiện duy trì trong vòng 10 giây, đo 5 lần để đảm bảo số liệu đo ổn định. Thời gian đo trong ngày từ 12h00 đến 12h30 để không bị ảnh hưởng nhiều của góc chiếu ánh nắng mặt trời.



Hình 9. AUV trong trường hợp cánh năng lượng đóng.



Hình 10. AUV trong trường hợp cánh năng lượng mở.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Sau khi cài đặt thử nghiệm hoàn thành, thiết bị lặn được cài đặt tại các độ sâu khác nhau, tại các độ sâu khác nhau giá trị điện áp

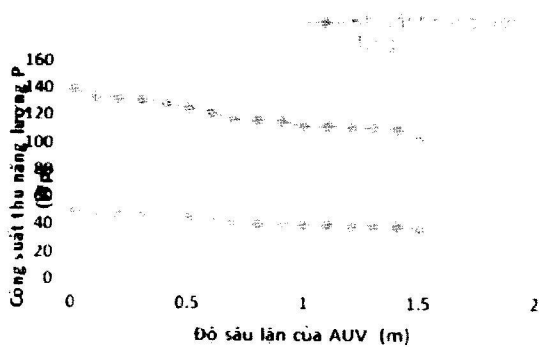
Công suất được xác định theo công thức sau: $P = U.I$ (2)

Bảng 2. Khả năng thu năng lượng mặt trời của AUV theo độ sâu tại các địa điểm trong tháng 8/2020:

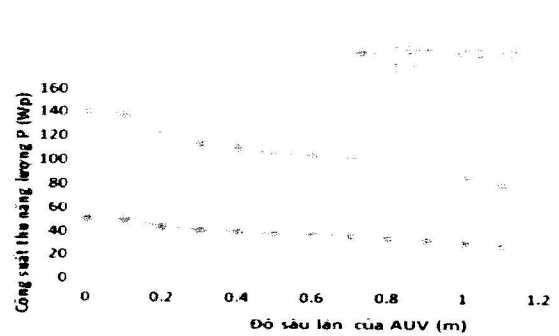
STT	Độ sâu lặn (m)	Tại Vĩnh Bảo - Hải Phòng		Tại Hạ Long, Quảng Ninh		Tại Hà Đông, Hà Nội,	
		Công suất Khi cánh đóng (Wp)	Công suất Khi cánh mở (Wp)	Công suất Khi cánh đóng (Wp)	Công suất khi cánh mở (Wp)	Công suất Khi cánh đóng (Wp)	Công suất khi cánh mở (Wp)
1	0,0	51.53	140.53	51.81	141.30	52.01	141.86
2	0,1	49.43	134.82	50.27	137.12	49.43	134.82
3	0,2	49.07	133.84	50.27	137.12	45.29	123.52
4	0,3	48.84	133.21	49.97	136.28	42.48	115.85
5	0,4	47.92	130.70	47.64	129.94	41.02	111.88
6	0,5	46.64	127.22	46.08	125.68	39.26	107.07

NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI

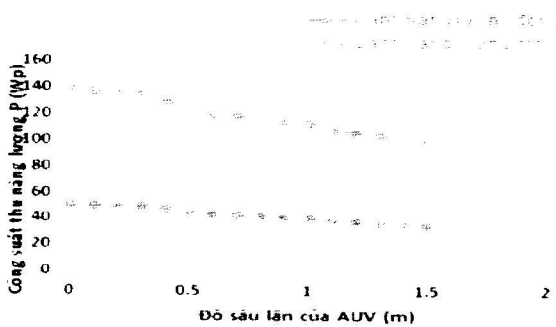
7	0,6	45.24	123.38	43.91	119.76	38.80	105.82
8	0,7	43.70	119.20	43.73	119.27	38.00	103.65
9	0,8	43.35	118.22	42.37	115.58	35.86	97.80
10	0,9	42.94	117.11	41.97	114.46	34.30	93.55
11	1,0	41.74	113.83	41.76	113.90	31.97	87.20
12	1,1	41.74	113.83	39.66	108.19	28.03	76.44
13	1,2	41.48	113.14	38.87	106.02	-	-
14	1,3	41.20	112.37	38.41	104.77	-	-
15	1,4	40.97	111.74	36.67	100.03	-	-
16	1,5	38.57	105.19	36.37	99.19	-	-



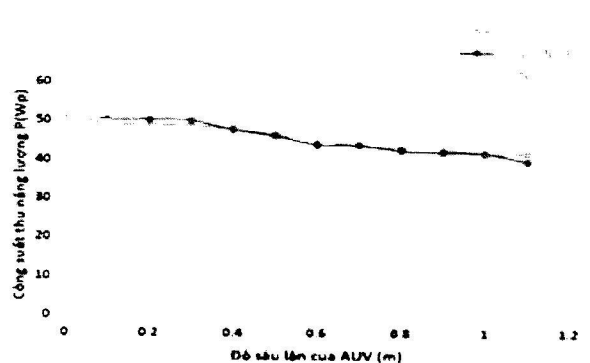
Hình 11. Biểu đồ thu năng lượng mặt trời khi cánh năng lượng đóng và mở tại Vinh Bảo – Hải Phòng (8/2020).



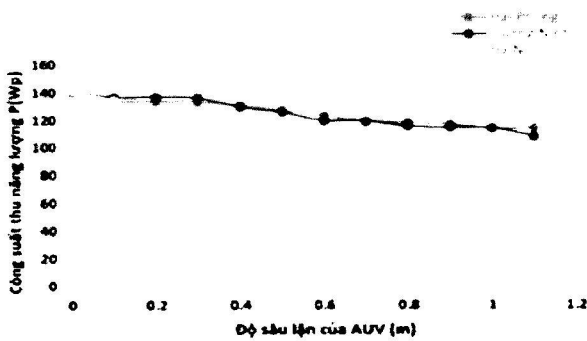
Hình 13. Biểu đồ thu năng lượng mặt trời khi cánh năng lượng đóng và mở tại Hà Đông – Hà Nội (8/2020).



Hình 12. Biểu đồ thu năng lượng mặt trời khi cánh năng lượng đóng và mở tại Hạ Long – Quảng Ninh (8/2020).



Hình 14. Biểu đồ khả năng thu năng lượng mặt trời khi cánh năng lượng đóng tại Hải Phòng, Quảng Ninh, Hà Nội (8/2020).



Hình 15. Biểu đồ khả năng thu năng lượng mặt trời khi cánh năng lượng mở tại Hải Phòng, Quảng Ninh, Hà Nội (8/2020).

Qua các biểu đồ trên cho thấy, khi thiết bị lặn tự hành tăng dần độ sâu lặn thì công suất thu năng lượng mặt trời khi đóng cánh và mở cánh đều giảm dần. Trong nghiên cứu này, tác giả đặt ngưỡng thử nghiệm độ sâu lặn tối đa là 1,5m. Tuy nhiên, tại hồ thử nghiệm ở Hà Nội, nhóm nghiên cứu chỉ đo được tại độ sâu tối đa là 1,1m, vì hồ nước nông không chế độ sâu lặn có thể. Mức giảm công suất của hệ thống thu năng lượng mặt trời khi thử nghiệm tại Hạ Long, Quảng Ninh là 25,1%, tại độ sâu là 1,5m. Vĩnh Bảo, Hải Phòng mức giảm là 29,8%, tại độ sâu 1,5m. Tuy nhiên, tại Hà Nội thì mức giảm công suất của hệ thống là 42,2% tại độ sâu là 1,1m. Nguyên nhân mức giảm công suất tại Hà Nội, Hải Phòng và Quảng Ninh khác nhau do các yếu tố như: Vị trí địa lý khác nhau, độ đục của nước khác nhau.

Do đó, khi thu năng lượng mặt trời thì AUV nổi càng gần mặt nước càng tốt. Đặc biệt, khi tích hợp cánh năng lượng mặt trời linh hoạt theo thiết kế có thể tăng khả năng thu năng lượng mặt trời của AUV lên khoảng 2,7 lần so với không có cánh năng lượng linh hoạt.

4. KẾT LUẬN

Thiết bị lặn tự hành AUV là một thiết

bị có nhiều khả năng ứng dụng, phù hợp với điều kiện tại Việt Nam, có vùng biển rộng lớn. Quá trình thử nghiệm tại một số địa phương trong khu vực phía Bắc đã cho thấy hiệu quả thu năng lượng của thiết bị lặn tự hành được thiết kế. Việc tích hợp thêm cánh năng lượng mặt trời linh hoạt, giúp thiết bị tăng công suất thu năng lượng mặt trời lên khoảng 2,7 lần. Ngoài ra, cánh năng lượng linh hoạt giảm lực cản tác dụng lên AUV khi di chuyển, tăng hiệu quả sử dụng năng lượng tự nhiên sẵn có. Do đó, thiết bị có thể hoạt động dài ngày trên biển mà không cần thu hồi để bổ sung năng lượng. ❖

Ngày nhận bài: 15/12/2020

Ngày phản biện: 05/01/2021

Tài liệu tham khảo:

- [1]. U.S. Commission on Ocean Policy, "An ocean blueprint for the 21st century, final report," Washington D.C., ISBN# 0-9759462-0-X, 2004.
- [2]. www.whoi.edu/main/auvs, last accessed February 2019.
- [3]. Denise M. Crimmins, Christopher T. Patty. Long-Endurance Test Results of the Solar-Powered AUV System.1-4244-01 15-1/06. IEEE 2006.
- [4]. D. M. Crimmins, E. Hinchey, M. Chintala, G. Cicchetti, C. Deacutis, D. R. Blidberg, "Use of a long endurance solar powered autonomous underwater vehicle (SAUV II) to measure dissolved oxygen concentrations in Greenwich Bay, Rhode Island, U.S.A.," IEEE OCEANS '05 EUROPE Conference Proceedings, 2005.
- [5]. Nguyễn Văn Tuấn, Đinh Văn Phong, Nguyễn Chí Hưng; Nguồn năng lượng cho thiết bị lặn tự hành AUV, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 7 năm 2019. tr27-34.
- [6]. C. Funnell (editor), 'Jane's Underwater Technology', Jane's Information Group Ltd., Coulsdon, (4th edition), ISBN 0-7106-2332-1, (2001).
- [7]. R.B. Wynn, V.A.I. Huvenne, T.P. LeBas, B.J. Murton, D.P. Connelly, B.J. Bett, et al. Autonomous Underwater Vehicles (AUVs): their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience Mar Geol, 352 (2014), pp. 451-468].
- [8]. Nguyễn Văn Tuấn, Đinh Văn Phong, Nguyễn Chí Hưng và Hoàng Thế Phương (12/2017); Nghiên cứu sự ảnh hưởng của cánh năng lượng đến lực cản chuyển động của thiết bị lặn tự hành AUV khi tích hợp hệ thống thu năng lượng mặt trời, Hội nghị Cơ học Toàn quốc lần thứ X. ISBN 978-604-913-719-8. pp309-318.