

ĐÁNH GIÁ TÍNH KINH TẾ CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP BẢO VỆ VỎ TÀU KHỎI ĂN MÒN ECONOMIC ASSESSMENT OF SHIPHULL PROTECTION METHODS FROM CORROSION

VŨ VĂN MỪNG*, TRƯƠNG VĂN ĐẠO

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

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

Tóm tắt

Bảo vệ catốt được ứng dụng rộng rãi để bảo vệ kim loại khỏi ăn mòn trong nước biển. Bài báo sẽ tính toán các chi phí lắp đặt, thay thế và vận hành của các phương pháp bảo vệ catốt cho một số tàu. Kết quả tính toán chỉ ra rằng các tàu có trọng tải lớn hơn 6000DWT sẽ có chi phí cho việc bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn thấp hơn khi lắp đặt hệ thống ICCP sau một số năm khai thác. Kết quả nghiên cứu của bài báo có thể làm căn cứ để lựa chọn phương pháp bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn với chi phí thấp hơn cho các tàu theo trọng tải tàu.

Từ khóa: Vỏ tàu, bảo vệ catốt, nước biển, mật độ dòng điện, ăn mòn vỏ tàu.

Abstract

Cathodic protection is widely used to protect metals from corrosion in seawater. The article will calculate the installation, replacement and operating costs of cathodic protection methods for some ships. The calculation results showed that ships with a gross tonnage greater than 6000 DWT will have a lower cost of protecting the hull from corrosion when installing an ICCP system after a some years of service. The research results of the article can be used as a basis for choosing a method to protect the shiphull from corrosion at a lower cost for ships based on the ship's tonnage.

Keywords: Shiphull, cathodic protection, corrosion, seawater, current density.

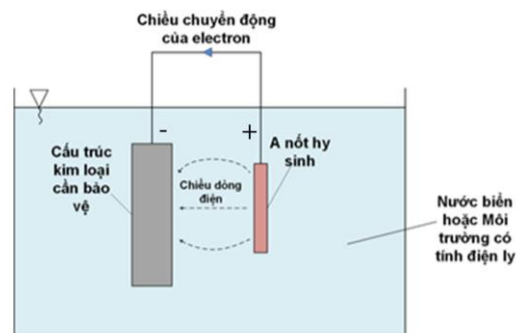
1. Đặt vấn đề

Bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn là một trong những yêu cầu quan trọng trong quá trình khai thác tàu. Một số lượng lớn tàu biển và các công trình ngoài khơi đã bị phá hủy do ảnh hưởng của quá trình ăn mòn. Ngoài ra sự ăn mòn còn gây ra các thiệt hại khác như chi phí sửa chữa và khôi phục vỏ tàu, thiệt hại do thời gian ngừng hoạt động và nguy cơ gây ô nhiễm môi

trường [1-3]. Chính vì vậy, các cơ quan đăng kiểm đã ra các quy định nghiêm ngặt cho các tàu biển về việc bảo vệ vỏ tàu khỏi bị ăn mòn [4].

Hiện nay, phương pháp bảo vệ catốt được chia thành phương pháp bảo vệ catốt dùng dòng điện ngoài (Impressed Current Cathodic Protection - ICCP) và phương pháp bảo vệ catốt dùng anốt hy sinh (Sacrificial Anode Cathodic Protection - SACP) [5].

Bảo vệ catốt dùng anốt hy sinh là phương pháp bảo vệ hiệu quả. Phương pháp này sử dụng các kim loại có điện thế âm hơn kim loại vỏ tàu và được hàn trực tiếp với vỏ tàu. Kim loại bảo vệ có điện thế âm hơn và là cực dương (anốt), nó giải phóng các ion tích điện dương vào nước biển và bị tan ra. Các electron đi vào vỏ tàu có thể điện cực cao hơn. Trong khi đó, vỏ tàu là cực âm (catốt) và sẽ được bảo vệ, đồng thời các electron đi ra khỏi nó và đi ra môi trường bên ngoài. Nguyên tắc hoạt động của phương pháp bảo vệ catốt dùng anốt hy sinh được minh họa trong Hình 1 [6].

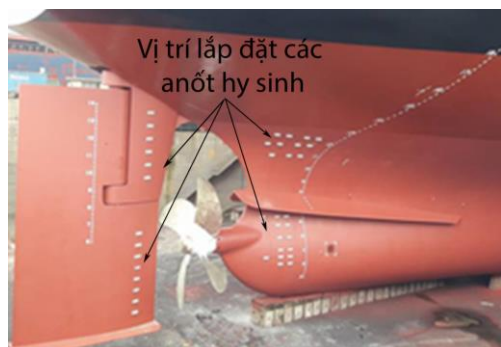


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý làm việc của SACP

Trong hệ thống SACP, kim loại làm anốt thường là kẽm, magiê, nhôm và hợp kim của chúng. Các anốt này thường được lắp đặt ở phần vỏ tàu ngâm trong nước biển dọc vỏ tàu, khu vực bánh lái (Hình 2).

Việc lắp đặt và thay thế các anốt hy sinh không gây ra bất kỳ khó khăn nào trong quá trình đóng mới và sửa chữa tàu. Về nguyên tắc, tuổi thọ sử dụng của các anốt có thể tính toán và điều chỉnh tùy ý, phụ thuộc vào số lượng các anốt. Bằng cách thay đổi vật liệu và kích thước của các anốt, vỏ tàu có

thể được bảo vệ ở hầu hết các vùng biển [7].



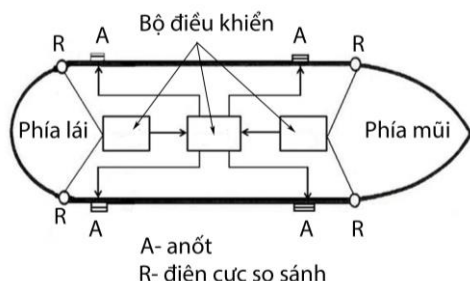
Hình 2. Sơ đồ bố trí các anốt trên vỏ tàu

Trong quá trình bảo vệ vỏ tàu, các anốt thường bị hòa tan, vì vậy chúng phải được thay mới định kỳ khoảng 4 năm một lần [8]. Các thông số của anốt được quy định bởi tiêu chuẩn, các quy tắc khác nhau. Thông thường mỗi nước sẽ đưa ra các quy định riêng.

Phương pháp bảo vệ ICCP là một phương pháp đã được áp dụng rộng rãi. Hệ thống ICCP cho phép thay đổi điện thế và dòng điện bảo vệ trong phạm vi rộng, có khả năng điều chỉnh các thông số bảo vệ hoàn toàn tự động. ICCP có thể được sử dụng một mình hoặc kết hợp với các phương pháp bảo vệ khác: Sơn phủ, bê tông,... [9, 10].

Bản chất của ICCP là làm giảm tốc độ ăn mòn điện hóa bằng cách sử dụng nguồn điện một chiều để phân cực âm cho kết cấu vỏ tàu. Vỏ tàu được nối với cực âm của nguồn DC và anốt được nối với cực dương của nguồn DC.

Hệ thống ICCP bao gồm các bộ phận chính như: Anốt, bộ điều khiển, điện cực so sánh và hệ thống dây dẫn. Hệ thống ICCP không yêu cầu thay thế trong suốt thời gian hoạt động của tàu và có thể bảo vệ vỏ tàu trong các điều kiện hoạt động khác nhau [11].



Hình 3. Sơ đồ bố trí hệ thống ICCP trên tàu

Đặc điểm quan trọng nhất của các hệ thống này là khả năng tự động đo điện thế của vỏ tàu, tăng hoặc giảm dòng điện đầu ra từ cực dương cho phù hợp. Do

đó, vỏ tàu nhận được mức độ bảo vệ tối ưu và liên tục, đồng thời điện thế của vỏ tàu được theo dõi bằng các điện cực so sánh.

Mỗi phương pháp bảo vệ catốt có những ưu nhược điểm riêng và sẽ phù hợp với từng loại tàu và trọng tải của tàu. Để lựa chọn phương pháp bảo vệ phù hợp các nhà thiết kế cần tính toán dựa trên chi phí lắp đặt, thay thế và chi phí vận hành của từng phương pháp bảo vệ.

Bài báo sẽ đánh giá tính kinh tế của các phương pháp bảo vệ catốt bằng cách tính toán chi phí lắp đặt, thay thế và chi phí vận hành của từng phương pháp cho một số tàu có lượng chiếm nước khác nhau. Kết quả của bài báo có thể làm căn cứ để lựa chọn phương pháp bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn với chi phí thấp hơn cho các tàu căn cứ vào trọng tải tàu.

2. Tính toán chi phí lắp đặt, thay thế và vận hành các phương pháp bảo vệ catốt

2.1. Tính toán các chi phí khi lắp đặt hệ thống bảo vệ catốt dùng anốt hy sinh

Như đã trình bày ở trên, các anốt hy sinh sẽ bị tan trong quá trình bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn. Do đó, chúng thường được định kỳ thay thế với chu kỳ 3 năm.

Chi phí lắp đặt khi sử dụng SACP được tính như sau:

$$C_{SACP} = g \times M, \quad (1)$$

Trong đó: g - Giá của một kg vật liệu anốt, (USD/kg); M - Khối lượng cần thiết của anốt trong một năm, (kg). Khối lượng anốt cần dùng trong một năm được tính theo công thức sau [4, 12]:

$$M = \frac{S \times i \times 8760}{\varepsilon \times \mu}, \quad (2)$$

Trong đó: S - Diện tích bề mặt ướt của vỏ tàu, m^2 ; i - Mật độ dòng điện, (mA/m^2); 8760 - Số giờ trong một năm; ε - Dung lượng của anốt, (T/kWh); μ - Hệ số sử dụng hiệu quả của vật liệu làm anốt.

2.2. Tính toán các chi phí khi lắp đặt, vận hành hệ thống bảo vệ catốt dùng dòng điện ngoài

Để tính toán các chi phí lắp đặt, vận hành hệ thống ICCP, chúng ta cần biết công suất yêu cầu của hệ thống. Công suất yêu cầu của hệ thống ICCP được tính theo công thức:

$$N = S \times i \times U, \quad (3)$$

Trong đó: U - Điện áp nguồn một chiều của hệ thống bảo vệ, (V).

Bảng 1. Thông số của các tàu

Thông số	Tên tàu					
	TUAN HUNG 168	HB Glory	Sky Glory	Fortune Navigator	Blue Star	Vosco Sky
Chiều dài (m)	74	92,2	101	119	153	190
Chiều rộng (m)	13	15,3	17,6	18	26	32
Mớn nước (m)	2,5	6,5	7,2	7,8	9,5	12
Diện tích bề mặt ướt (m ²)	987	2.006,3	2.482,3	3.077,3	5.255,6	8.132
Trọng tải (DWT)	3100	5093	6459	8515	22704	46671

Bảng 2. Giá thành một số vật tư cần thiết

Vật tư	Giá thành	Đơn vị	Tài liệu tham khảo
Vật liệu anốt (Kẽm)	5,1	USD/kg	[13-14]
Bộ điều khiển và cấp nguồn ICCP	5000	USD/bộ	[15]
Anốt dùng cho ICCP	1000	USD/bộ	[15]
Điện cực so sánh dùng cho ICCP	500	USD bộ	[15]

Từ công suất tính toán được ở công thức (3) chúng ta sẽ chọn mua hệ thống ICCP theo giá trị tính toán được. Tùy thuộc vào lượng chiếm nước của tàu, hệ thống điều khiển có thể được chia thành nhiều bộ điều khiển bố trí dọc theo chiều dài của tàu.

Lượng nhiên liệu cần thiết cho hệ thống ICCP làm việc được tính như sau:

$$Q_{nl} = q_{nl} \times N \times t, T \quad (4)$$

Trong đó: q_{nl} - Mức tiêu thụ nhiên liệu cho một kWh điện, (T/kWh); t - Thời gian (để tính lượng nhiên liệu tiêu thụ trong một ngày $t = 24h$).

Khi đó, chi phí nhiên liệu mà hệ thống ICCP tiêu thụ được tính như sau:

$$C_{nl} = g_{nl} \times Q_{nl} \quad (5)$$

Trong đó: g_{nl} - giá thành 1kg nhiên liệu, (USD/kg).

2.3. Kết quả tính toán

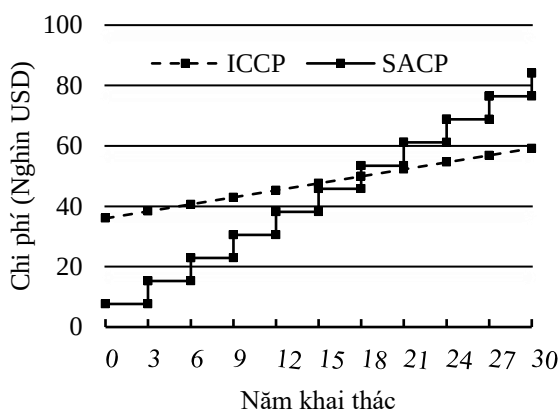
Để đánh giá các chỉ tiêu kinh tế của các phương pháp bảo vệ catốt, bài báo sẽ lựa chọn và tính toán các chi phí lắp đặt, thay thế và vận hành của từng phương pháp bảo vệ catốt cho một số tàu có lượng chiếm nước khác nhau. Các thông số của các tàu lựa chọn để tính toán được trình bày ở Bảng 1.

Căn cứ vào các thông số của tàu và giá thành một số vật tư cần thiết (Bảng 2) các chi phí lắp đặt, thay thế và vận hành các hệ thống bảo vệ SACP và hệ thống bảo vệ ICCP được tính theo các công thức (1) - (5). Kết quả tính toán được thể hiện trên các hình từ Hình 4 đến Hình 9.

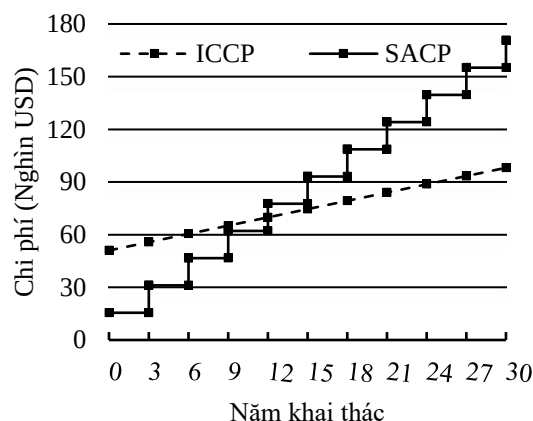
Từ kết quả tính toán chi phí lắp đặt và vận hành các hệ thống SACP và ICCP thấy rằng chi phí lắp đặt ban đầu của hệ thống bảo vệ ICCP sẽ cao hơn so với hệ thống bảo vệ ăn mòn dùng SACP. Tuy nhiên, do các anốt hy sinh bị tan trong quá trình bảo vệ nên các tàu sẽ phải định kỳ thay thế. Việc thay thế sẽ làm tăng chi phí khi dùng SACP để bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn dẫn đến làm tăng chi phí sau mỗi lần lên đà. Các hệ thống bảo vệ ăn mòn ICCP có chi phí lắp đặt ban đầu cao hơn nhưng trong quá trình khai thác tàu chỉ mất chi phí nhiên liệu để cung cấp điện cho hệ thống.

So sánh tổng chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn SACP và ICCP sau quá trình khai thác có thể thấy rằng mặc dù chi phí lắp đặt ban đầu hệ thống ICCP cao hơn hệ thống SACP nhưng tổng chi phí lắp đặt và vận hành của hệ thống ICCP sẽ thấp hơn hệ thống SACP sau một số năm khai thác tàu. Tổng các chi phí lắp đặt, thay thế, vận hành của hai hệ thống sẽ bằng nhau sau một số năm khai thác tàu tùy thuộc vào trọng tải tàu. Các chi phí này của hệ thống ICCP khi lắp đặt cho tàu TUAN HUNG 168 sẽ thấp hơn hệ thống SACP sau 18 năm khai thác, tương tự đối với các tàu HB Glory, Sky Glory, Fortune Navigator, Blue Star và Sky Vosco lần lượt là 12, 12, 9, 6 và 3 năm.

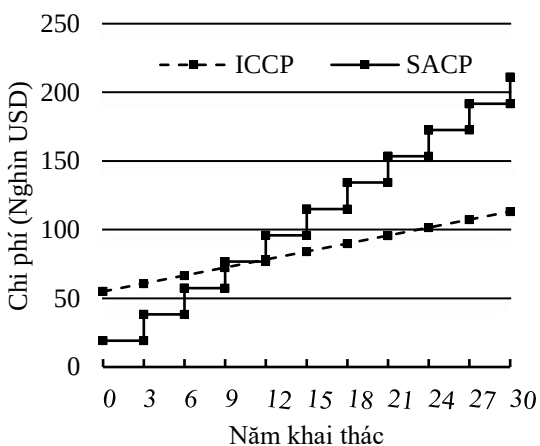
Như vậy, việc sử dụng hệ thống bảo vệ catốt ICCP cho các tàu có trọng tải trên 6000DWT sẽ tiết kiệm chi phí. Ngoài những lợi ích về kinh tế, hệ thống bảo vệ ICCP cũng sẽ giúp nâng cao trọng tải có ích của tàu và giảm sức cản của vỏ tàu vì hệ thống SACP có trọng lượng lớn hơn hệ thống ICCP nhiều lần và giảm các



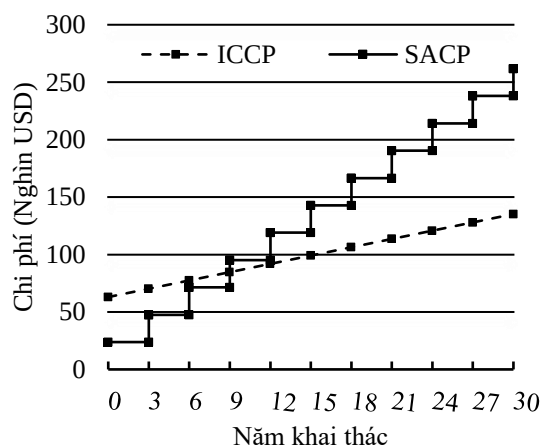
Hình 4. Chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn tàu TUAN HUNG 168



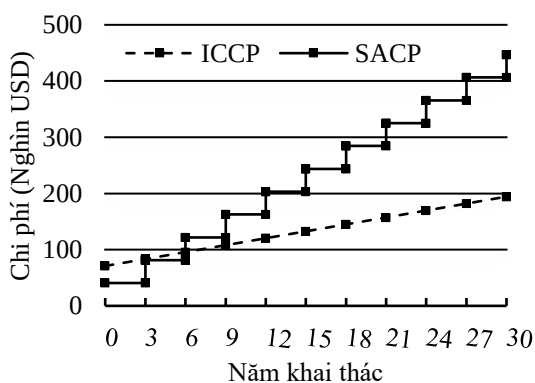
Hình 5. Chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn tàu HB Glory



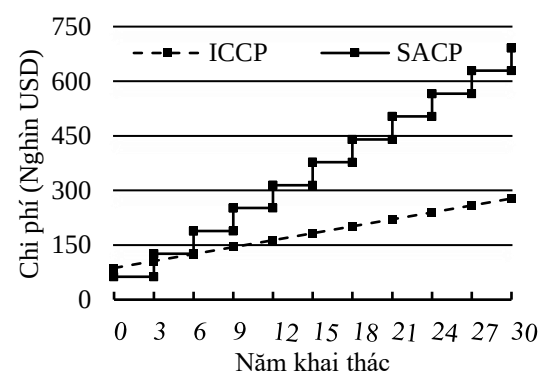
Hình 6. Chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn tàu Sky Glory



Hình 7. Chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn tàu Fortune Navigator



Hình 8. Chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn tàu Blue Star



Hình 9. Chi phí lắp đặt và vận hành hệ thống bảo vệ ăn mòn tàu Vosco Sky

vật liệu chống ăn mòn gắn trên vỏ tàu dẫn tới giảm sức cản.

3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu của bài báo cho thấy rằng các

tàu có trọng tải lớn hơn 6000DWT sẽ có chi phí cho việc bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn thấp hơn khi lắp đặt hệ thống ICCP sau một số năm khai thác.

Kết quả nghiên cứu này có thể làm căn cứ để các

chủ tàu lựa chọn phương pháp bảo vệ vỏ tàu khỏi ăn mòn phù hợp cho các tàu phụ thuộc vào trọng tải tàu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT22-23.24**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hartt, W.H. (2012), *2012 Frank Newman Speller Award: Cathodic Protection of Offshore Structures-History and Current Status*. Corrosion, Vol.68(12), pp.1063-1075.
- [2] Zayed, A., Y. Garbatov, and C.G. Soares (2018), *Corrosion degradation of ship hull steel plates accounting for local environmental conditions*, Ocean engineering, Vol.163, pp.299-306.
- [3] Akpan, U.O., et al. (2002), *Risk assessment of aging ship hull structures in the presence of corrosion and fatigue*, Marine structures, Vol.15(3), pp.211-231.
- [4] DNV-RP-B401 (2010), *Recommended practice. Cathodic protection design*, Hevik, Norway: Det Norske Veritas. p.23.
- [5] Durham, M.O. and R.A (2005), *Durham, Cathodic protection*. IEEE Industry Applications Magazine, Vol.11(1), pp.41-47.
- [6] Szabo, S. and I. Bakos (2006), *Cathodic protection with sacrificial anodes*. Corrosion Reviews, Vol.24(3-4), pp.231-280.
- [7] Люблинский, Е. (1979), *Протекторная защита морских судов и сооружений от коррозии*. Л.: Судостроение, Vol.188: p.1.
- [8] Березин, Н., et al. (2015), *Катодное восстановление и анодное формирование комплексов металлов*, Вестник Казанского технологического университета, Vol.18(6), pp.75-77.
- [9] Szabó, S. and I. Bakos (2006), *Impressed current cathodic protection*, Corrosion Reviews, Vol.24(1-2), pp.39-62.
- [10] Christodoulou, C., et al. (2010), *Assessing the long term benefits of Impressed Current Cathodic Protection*, Corrosion Science, Vol.52(8), pp.2671-2679.
- [11] Кузьмин, Ю., et al. (2006), *Новая система электрохимической катодной защиты судов от коррозии*. Судостроение, Vol. 6, pp.35-37.
- [12] 31.35.07-83, Р. (1983), *Руководство по электрохимической защите от коррозии металлоконструкций морских гидротехнических сооружений в подводной зоне*. Москва.
- [13] Báo giá sửa chữa tàu biển, Phòng Kinh doanh, Công ty Đóng tàu Phà Rồng, 03.2023.
- [14] Báo giá sửa chữa tàu biển, Phòng Kinh doanh, Công ty cổ phần sửa chữa tàu biển Nosco, 03.2023.
- [15] Станция катодной защиты УКЗТ-А ОПЕ ТМ- GSM 1,2 У1. Available from: <https://www.esa-shop.ru/product/ustroystvo-katodnoy-zaschity-ukzt-a-ope-tm-gsm-12-ul-s-telemehanikoy>.

Ngày nhận bài:	29/03/2023
Ngày nhận bản sửa:	06/04/2023
Ngày duyệt đăng:	16/04/2023