

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH DẤU VẾT TỪ TRƯỜNG CỦA MỘT SỐ MÔ HÌNH VỎ TÀU SẮT TỪ

Trịnh Đình Cường¹, Đỗ Đình Dương², Vũ Lê Hà¹,

Đỗ Thị Hương Giang³, Phùng Anh Tuấn^{2*}

Tóm tắt: Ngày nay, tàu mặt nước và tàu ngầm đều được chế tạo bằng vật liệu sắt từ, nên chúng dễ bị đối phương “nhìn thấy” dấu vết từ trường khi hoạt động trên biển. Do đó, việc nghiên cứu các phương pháp, kỹ thuật để phân tích, xác định và khử dấu vết từ trường là một vấn đề rất cần thiết, cấp bách và mang tính thời sự. Tuy nhiên, việc xác định dấu vết từ trường cho tàu thực tế rất phức tạp và yêu cầu khối lượng tính toán lớn. Chính vì vậy, người ta thường nghiên cứu trên các mô hình có cấu trúc tương đương với hình dạng của vỏ tàu thực tế. Với mục đích đó, bài báo sẽ tập trung vào tính toán và mô phỏng mô hình vỏ tàu hình cầu và hình cầu kéo dài, sử dụng kết hợp 3 phương pháp: giải tích, phần tử hữu hạn và bán giải tích, để đưa ra các nhận xét và đánh giá sơ bộ về đặc điểm, xu hướng dấu vết từ trường; đánh giá hiệu quả và khả năng vận dụng trong các nghiên cứu về phát hiện và tàng hình từ trường cho các tàu mặt nước và tàu ngầm.

Từ khóa: Trường điện từ; Mô hình vỏ tàu sắt từ; Ansys Maxwell; Dấu vết từ trường; Bán giải tích; Phương pháp phần tử hữu hạn

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, các tàu mặt nước và tàu ngầm có thể được phát hiện sớm bởi các hệ thống Phát hiện từ trường dị thường của đối phương thông qua việc đánh giá sự thay đổi từ trường cục bộ trên một từ trường nền ban đầu khi có sự xuất hiện của chúng [4, 5, 6]. Tất cả các thông tin liên quan đến từ trường bất thường của các tàu mặt nước và tàu ngầm được gọi chung là dấu vết từ trường của tàu. Đây chính là nguyên nhân làm cho tàu bị phát hiện ở khoảng cách xa và làm cho tàu phải đối diện với các mối nguy hiểm từ đối phương.

Khi tác chiến trên biển, các tàu quân sự thường sử dụng các loại thiết bị chuyên dụng có tích hợp nhiều hệ thống cảm biến, trong đó có cảm biến từ trường với độ nhạy cao kết hợp với các công nghệ điện tử tiên tiến để dò tìm, theo dõi và nhận dạng tàu quân sự của đối phương đang hiện diện trên biển. Do đó, để thực hiện tốt việc xác định được tàu của đối phương và đảm bảo an toàn, bí mật cho các tàu quân sự của mình, cần phải thực hiện các nghiên cứu, khảo sát, đo đạc, phân tích và đánh giá được các dấu vết từ trường này, để làm cơ sở cho các nghiên cứu, thiết kế và chế tạo các tàu quân sự trong nước với khả năng khử từ trường tốt nhất có thể.

Trong thực tế, việc đo đạc, tính toán và đánh giá chính xác dấu vết từ trường của một tàu quân sự bằng phương pháp giải tích là rất khó thực hiện do cấu trúc phức tạp và khả năng tàng hình từ của tàu [3], đồng thời cũng phụ thuộc nhiều vào các nguyên nhân gây ra các dấu vết này [1]. Thông thường, dấu vết từ trường của tàu thường được tính toán dựa trên các mô hình vỏ tàu tương đương, như mô hình tỷ lệ vật lý, mô hình số hoặc mô hình giải tích, để giảm chi phí và thời gian thực hiện. Thực tế cho thấy, [3] giai đoạn đầu của các nghiên cứu về dấu vết từ trường của tàu mặt nước hoặc tàu ngầm thường dựa trên các mô hình vỏ tàu hình cầu, hình cầu dài và hình kết hợp, bởi sự tương đồng về hình dạng và cấu trúc của vỏ tàu sắt từ.

Hiện nay, nhiều công cụ chuyên dụng được dùng để nghiên cứu dấu vết từ trường của tàu như: Phần mềm phần tử hữu hạn OPERA với gói phân tích TOSCA [2], được sử dụng rộng rãi để nghiên cứu dấu vết từ cảm ứng, các biện pháp đối phó mìn cảm ứng từ; Phần mềm

phần tử hữu hạn FLUX2D&3D được áp dụng để nghiên cứu dấu vết từ của tàu khu trục lớp La Fayette và hệ thống cuộn dây khử từ trong hệ thống DATASSIM của Phòng thí nghiệm từ tính CETEB, Pháp [2]; Phần mềm ODMR trong nghiên cứu đo dấu vết từ và khử từ trường của Đức [4],...

Trong phạm vi nghiên cứu này, bài báo đã thực hiện việc tính toán, mô phỏng và phân tích, đánh giá phân bố từ trường của một số hình dạng vỏ tàu sắt từ bằng phương pháp giải tích, phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp bán giải tích.

2. TÍNH TOÁN TỪ TRƯỜNG CỦA MÔ HÌNH VỎ TÀU HÌNH CẦU VÀ HÌNH CẦU KÉO DÀI

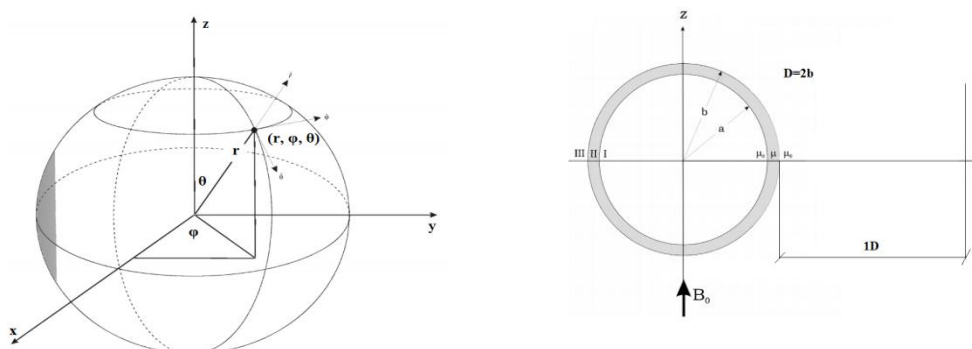
Tất cả các lý thuyết và phương pháp mô hình hóa liên quan từ trường đều bắt nguồn từ hệ 4 phương trình **Maxwell** và các luật trạng thái. Theo đó, các giá trị từ trường thường được biểu diễn thông qua gradient của thế vô hướng từ Φ , $\vec{B} = -\mu_0 \nabla \Phi$ và được xác định bằng cách giải phương trình Laplace [3] như sau:

$$\nabla^2 \Phi = 0 \tag{1}$$

Đối với bài toán mô hình hóa vỏ tàu sắt từ, phương trình Laplace sẽ được giải trong hệ tọa độ cầu và hệ tọa độ cầu kéo dài.

2.1. Tính toán với mô hình vỏ tàu hình cầu

Xét vỏ tàu hình cầu như hình 1, có bán kính trong và ngoài lần lượt là a và b , được làm bằng vật liệu sắt từ có độ từ thẩm μ (vùng II), môi trường bên trong (vùng I) và bên ngoài (vùng III) vỏ tàu là chân không. Toàn bộ vỏ tàu hình cầu được đặt trong từ trường đều \vec{B}_0 có hướng dọc theo trục z .



Hình 1. Mô hình vỏ tàu hình cầu.

Với hệ tọa độ cầu, [3] phương trình Laplace có dạng như sau:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} \tag{2}$$

Giải phương trình Laplace và tính được cường độ từ trường theo 3 trục ở bên ngoài mô hình vỏ tàu hình cầu như sau:

$$H_{xIII} = \frac{3D_1 xz}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \tag{3}$$

$$H_{yIII} = \frac{3D_1 yz}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \tag{4}$$

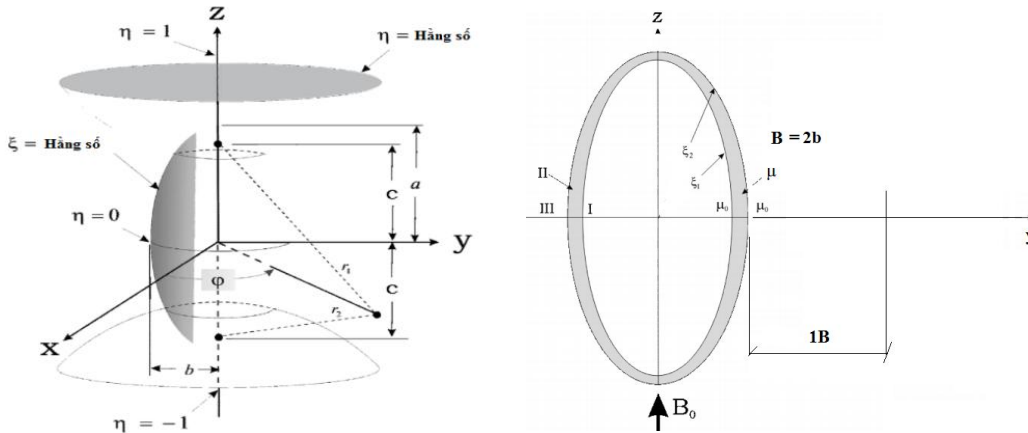
$$H_{zIII} = H_0 + \frac{D_1 (2z^2 - x^2 - y^2)}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \tag{5}$$

Trong đó: $D_1 = \frac{(2\mu' + 1)(\mu' - 1)}{(2\mu' + 1)(\mu' - 2) - 2\frac{a^3}{b^3}(\mu' - 1)^2} (b^3 - a^3) H_0$ và $\mu' = \mu / \mu_0$

Thông thường, khi tính toán hoặc đo lường dấu vết từ trường của tàu, từ trường của trái đất thường được coi là từ trường nền, nên thường được bỏ đi khi tính toán, và lúc này, dấu vết từ trường của tàu chính là phần dị thường của từ trường thu được. Do đó, trong công thức (5) chỉ có số hạng cuối của H_{zIII} đại diện cho dấu vết từ trường của tàu theo phương z .

2.2. Tính toán với mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài

Xét vỏ tàu hình cầu kéo dài như hình 2, có kích thước mặt trong và mặt ngoài là ξ_1 và ξ_2 , bán kính trục dài là a và bán kính trục ngắn là b . Vỏ tàu được làm bằng vật liệu sắt từ có độ từ thẩm μ (vùng II), môi trường bên trong (vùng I) và bên ngoài (vùng III) vỏ tàu là chân không. Toàn bộ vỏ tàu hình cầu được đặt trong từ trường đều \vec{B}_0 có hướng dọc theo trục z .



Hình 2. Mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài.

Với hệ tọa độ cầu kéo dài, [3] phương trình Laplace có dạng như sau:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{1}{c^2(\xi^2 - \eta^2)} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left((\xi^2 - 1) \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left((1 - \eta^2) \frac{\partial \Phi}{\partial \eta} \right) + \frac{\xi^2 - \eta^2}{(\xi^2 - 1)(1 - \eta^2)} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} \right] \quad (6)$$

Giải phương trình Laplace và tính được cường độ từ theo 3 trục ở bên ngoài mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài như sau:

$$H_{xIII} = \frac{D'_1 x \eta}{r_1 r_2 (\xi^2 - 1)} \quad (7)$$

$$H_{yIII} = \frac{D'_1 y \eta}{r_1 r_2 (\xi^2 - 1)} \quad (8)$$

$$H_{zIII} = H_0 + \frac{D'_1}{c} \left[-\frac{1}{2} \ln \left(\frac{\xi + 1}{\xi - 1} \right) + \frac{c^2 \xi}{r_1 r_2} \right] \quad (9)$$

Trong đó: $r_1 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - c)^2}$, $r_2 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z + c)^2}$, $c = \sqrt{a^2 - b^2}$,

a_1, a_2, a_3, a_4 được tính theo các điều kiện biên, cụ thể: $a_1 = \frac{\xi_1 + 1}{2} \ln \left(\frac{\xi_1 + 1}{\xi_1 - 1} \right) - 1$, $a_2 = \frac{\xi_2}{2} \ln \left(\frac{\xi_2 + 1}{\xi_2 - 1} \right) - 1$, $a_3 = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\xi_1 + 1}{\xi_1 - 1} \right) - \frac{\xi_1}{\xi_1^2 - 1}$, $a_4 = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\xi_2 + 1}{\xi_2 - 1} \right) - \frac{\xi_2}{\xi_2^2 - 1}$,

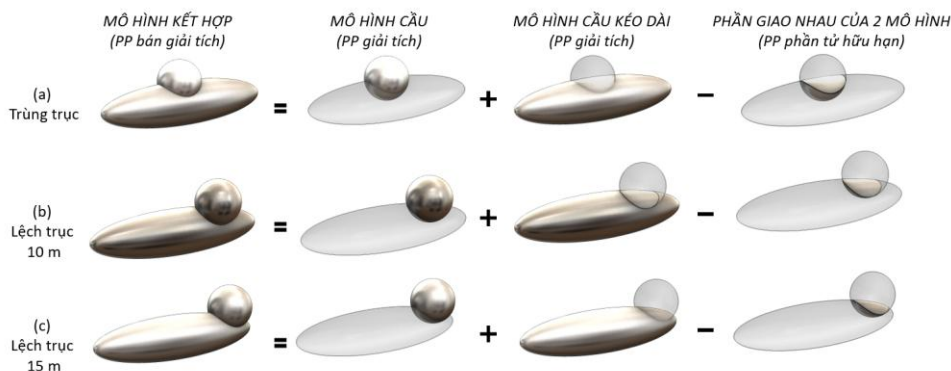
$$D'_1 = \frac{\xi_1 \xi_2 \mu' (a_3 - a_4) + a_2 \xi_1 - \xi_2 a_1}{\mu'^2 a_2 \xi_1 (a_3 - a_4) + \mu' (\xi_1 a_4 (2a_2 - \xi_2 a_3) - a_1 a_2) + a_4 (\xi_2 a_1 - \xi_1 a_2)} (\mu' - 1) c H_0, \quad \mu' = \mu / \mu_0$$

Tương tự mô hình vỏ tàu hình cầu, số hạng cuối của H_{zIII} trong công thức (9) là dấu vết từ trường của tàu theo phương z của mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài.

2.3. Tính toán với mô hình vỏ tàu kết hợp

Trong thực tế, vỏ tàu có nhiều hình dạng và cấu trúc khác nhau, nên sẽ tạo các dấu vết từ trường không giống nhau, mỗi sự khác biệt của vỏ tàu sẽ làm thay đổi hình dạng của dấu vết

từ trường đo được. Do đó, [3] việc tính toán dấu vết từ trường của một tàu thực rất phức tạp và mất thời gian. Để đơn giản hơn trong tính toán, người ta thường dựa trên các kết quả nghiên cứu về các mô hình vỏ tàu tương đương là mô hình vỏ tàu hình cầu và mô hình vỏ tàu hình cầu dài [3]. Và bằng việc xếp chồng hai mô hình này, ta thu được các mô hình vỏ tàu kết hợp có hình dạng giống với mô hình vỏ tàu thực tế, chi tiết như trong hình 3.



Hình 3. Tính toán mô hình vỏ tàu kết hợp bằng phương pháp bán giải tích.

Tuy nhiên, đối với các mô hình tàu kích thước lớn và cấu trúc phức tạp hơn, sử dụng phương pháp bán giải tích hoặc phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán và mô phỏng thường tốn rất nhiều thời gian mô phỏng và chiếm dụng nhiều tài nguyên hệ thống mô phỏng. Vì vậy, để giảm thời gian và sử dụng hiệu quả tài nguyên hệ thống, nhóm nghiên cứu đề xuất sử dụng phương pháp bán giải tích cho các mô hình này. Phương pháp này cũng đã được sử dụng trong các bài toán giải tích nói chung, tuy nhiên, vì nhiều lý do khác nhau, phương pháp này hầu như không được đề cập đến trong các tài liệu đã công bố liên quan đến tính toán dấu vết từ trường của các loại tàu quân sự.

Trong phạm vi bài báo này, để tính toán và mô phỏng dấu vết từ trường của của các mô hình vỏ tàu kết hợp này, nhóm nghiên cứu tiến hành theo 2 kịch bản sau:

- Kịch bản thứ nhất là sử dụng hoàn toàn phương pháp phần tử hữu hạn cho mô hình kết hợp. Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất trong các nghiên cứu về từ trường của tàu.

- Kịch bản thứ hai là sử dụng phương pháp bán giải tích, trong đó sử dụng kết hợp cả phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn, cụ thể như sau:

- + Dùng phương pháp giải tích để tính toán riêng rẽ cho mô hình vỏ tàu hình cầu và mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài. Sau đó, dùng phương pháp phần tử hữu hạn mô phỏng phần giao nhau của hai mô hình này.

- + Kết quả của mô hình kết hợp được thực hiện theo phương pháp xếp chồng nghiệm: Lấy tổng kết quả thu được từ phương pháp giải tích của mô hình cầu và mô hình cầu kéo dài trừ đi kết quả thu được từ phương pháp phần tử hữu hạn của phần giao nhau của hai mô hình.

Trong phạm vi nghiên cứu, bài báo sẽ thực hiện tính toán và mô phỏng đối với 3 loại mô hình kết hợp khác nhau theo khoảng cách giữa trục qua tâm của 2 mô hình này (như hình 3) là: trùng trục đối xứng (trùng tâm) và có trục đối xứng lệch nhau (lệch tâm) 10m và 15m một phía.

3. ĐIỀU KIỆN BIÊN, PHƯƠNG PHÁP VÀ CÁC THÔNG SỐ MÔ PHỎNG

Điều kiện biên dùng trong mô phỏng: từ trường của tàu là từ trường tĩnh trong tự nhiên, các phương trình Maxwell không phụ thuộc vào thời gian và bỏ qua thành phần điện

trường cảm ứng của tàu. Các điều kiện biên được xác định trên từng bề mặt tiếp giáp giữa các vùng và từ trường B_0 liên tục đi qua các bề mặt này.

Giả định rằng, toàn bộ không gian bên trong và bên ngoài mô hình vỏ tàu là chân không và có độ từ thẩm $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$; các mô hình vỏ tàu được đặt trong một từ trường đều của khu vực miền Bắc Việt Nam là $B_0 = 45.000 \text{ nT}$ [7] và có hướng dọc theo chiều dương của trục z .

Thông số mô phỏng mô hình vỏ tàu sắt từ:

- Độ từ thẩm tương đối của vật liệu sắt từ là $\mu=80$
- Độ dày của mô hình vỏ tàu sắt từ: $0,02 \text{ m}$
- Mô hình vỏ tàu hình cầu: bán kính trong $a=4,98 \text{ m}$, bán kính ngoài $b=5,0 \text{ m}$, đường kính ngoài $D = 2b = 10,0 \text{ m}$.
- Mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài: bán kính trục dài là $a=20,0 \text{ m}$, bán kính trục ngắn là $b=5,0 \text{ m}$, đường kính trục ngắn: $B = 2b = 10,0 \text{ m}$.

Phương pháp mô phỏng: Sử dụng kết hợp 3 phương pháp: phương pháp giải tích, phương pháp phần tử hữu hạn (phần mềm Ansys Maxwell) và phương pháp bán giải tích.

Cách thức mô phỏng:

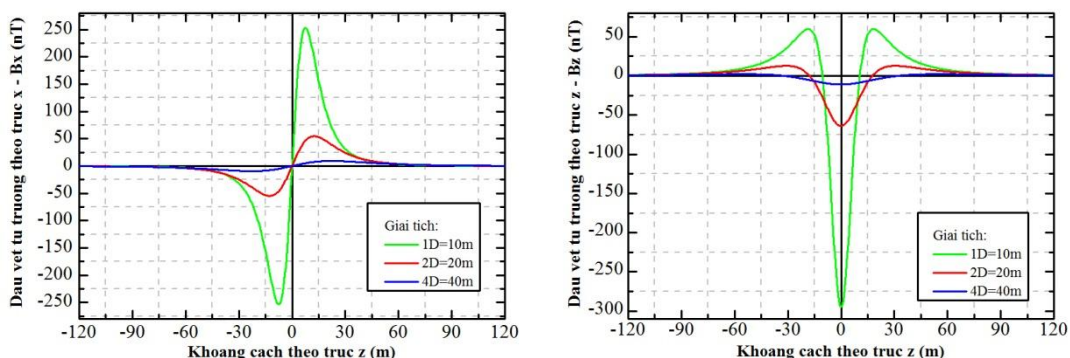
- Mô hình vỏ tàu hình cầu và hình cầu kéo dài: mô phỏng tại 3 vị trí khác nhau nằm trên trục y cách vỏ tàu lần lượt 10 m ($1D$ và $1B$), 20 m ($2D$ và $2B$) và 40 m ($4D$ và $4B$) [4].
- Mô hình vỏ tàu kết hợp: mô phỏng tại vị trí nằm trên trục y cách vỏ tàu 20 m đối với 3 trường hợp: cùng trục đối xứng và lệch trục đối xứng 10 m và 15 m .

Cấu hình máy tính dùng mô phỏng: Hp z420 Workstation, gồm: Chip Intel® Xeron® CPU E5-2643 v2, SSD 240Gb, HDD 2Tb, 32Gb DDR3, NVIDIA Quadro K2200 4G DDR5, Window 7 Ultimate 64bit SP1.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả phân tích dấu vết từ trường của mô hình vỏ tàu hình cầu

Với từ trường ngoài đặt dọc trục z , thành phần từ trường theo trục y sẽ có giá trị bằng 0 do tính chất trục giao của hệ tọa độ cầu. Các giá trị từ trường của mô hình vỏ tàu hình cầu tính bằng phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn được thể hiện trong hình 4 và hình 5.

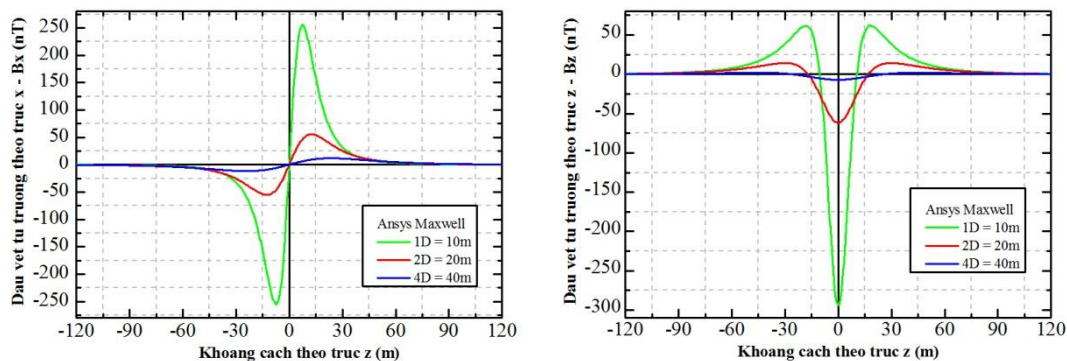


Hình 4. Dấu vết từ trường của mô hình hình cầu tính bằng phương pháp giải tích.

Từ các kết quả trên có thể thấy rằng:

- Khi tiến về 2 bên của mô hình vỏ tàu, các giá trị từ trường thu được có sự thay đổi theo quy luật là: Tại gốc tọa độ O, thành phần B_x bằng 0, thành phần B_z đạt cực đại. Khi

tiến ra 2 bên, B_x có xu hướng tăng nhanh đến cực đại, sau đó giảm dần về 0, B_z có xu hướng ngược lại, giảm dần về 0.



Hình 5. Dấu vết từ trường của mô hình hình cầu tính bằng phương pháp số.

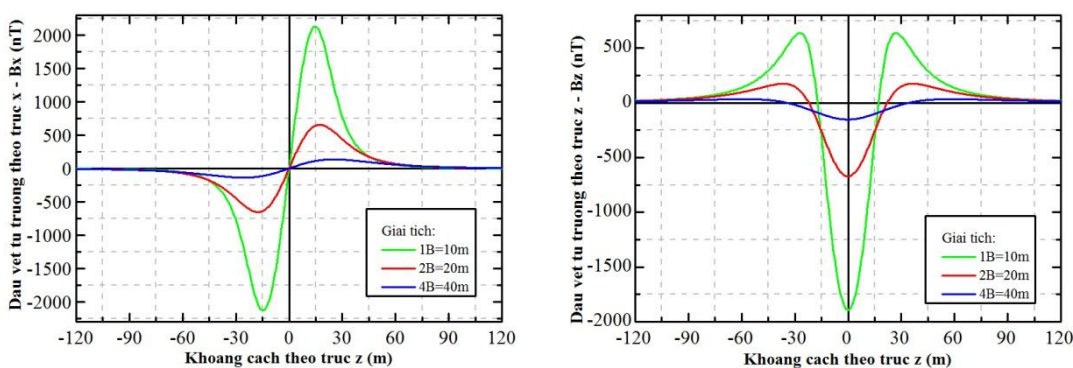
- Khi tiến ra xa vỏ tàu theo hướng trục y , các giá trị từ trường lần lượt giảm đi, suy giảm rõ rệt khi đo tại vị trí $2D$, đến vị trí $4D$ thì từ trường gần như bằng 0. Hay nói cách khác, càng tiến ra xa vỏ tàu theo chiều của trục y thì dấu vết từ trường thu được càng nhỏ, và do đó, giảm khả năng phát hiện được dấu vết của tàu.

- Các kết quả của phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn đối với mô hình vỏ tàu hình cầu là tương tự nhau.

4.2. Kết quả phân tích dấu vết từ trường của mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài

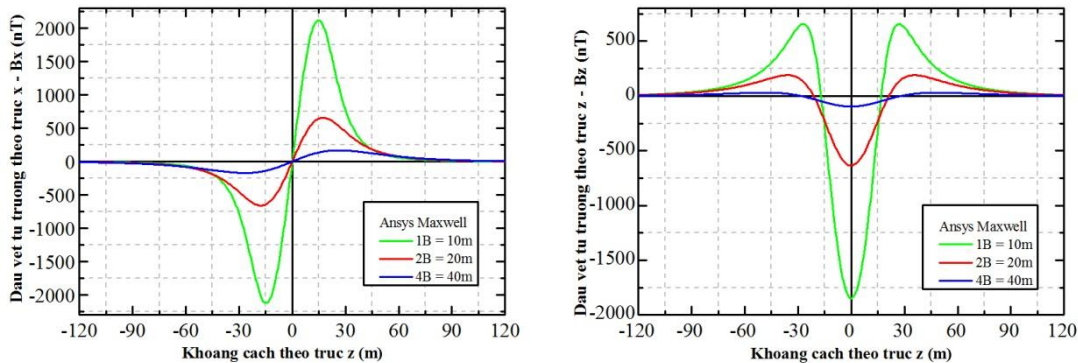
Với từ trường ngoài đặt dọc trục z , thành phần từ trường theo trục y sẽ có giá trị bằng 0 do tính chất trục giao của hệ tọa độ cầu kéo dài. Các giá trị từ trường của mô hình hình vỏ tàu cầu kéo dài tính bằng phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn được thể hiện trong hình 6 và hình 7.

Từ hai hình trên có thể thấy rằng, các xu hướng từ trường thu được của mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài cũng tương tự như xu hướng từ trường thu được của mô hình vỏ tàu hình cầu, cụ thể như sau:



Hình 6. Dấu vết từ trường của mô hình cầu kéo dài tính bằng phương pháp giải tích.

- Khi tiến về 2 bên của trục z , thành phần B_x có xu hướng tăng nhanh đến cực đại, sau đó, giảm dần về 0, B_z có xu hướng ngược lại, giảm dần về 0. Tại gốc tọa độ O , thành phần B_x bằng 0, thành phần B_z lại đạt cực đại.



Hình 7. Dấu vết từ trường của mô hình cầu kéo dài tính bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

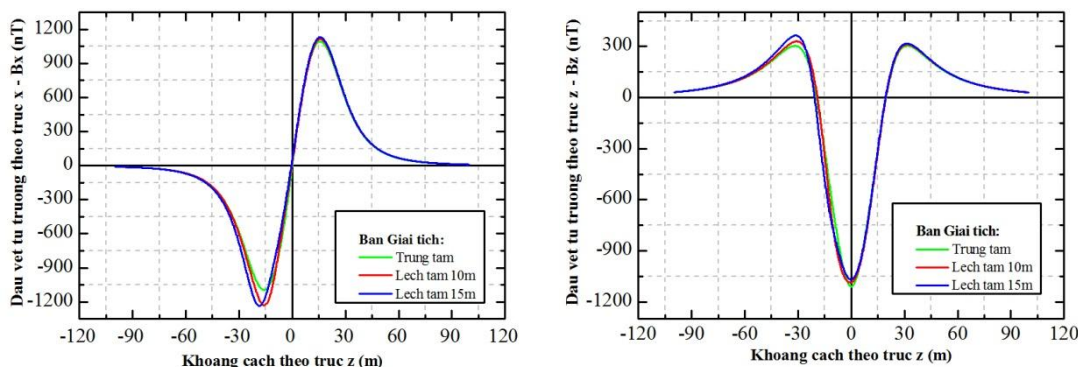
- Khi tiến ra xa vỏ tàu theo hướng trục y , các giá trị từ trường giảm dần, suy giảm rõ rệt tại vị trí $2D$, đến vị trí $4D$ thì gần như bằng 0. Do đó, càng tiến ra xa vỏ tàu theo chiều của trục y thì dấu vết từ trường thu được càng nhỏ và giảm khả năng phát hiện được tàu.

- Kích thước của mô hình vỏ tàu tăng lên (chiều dài của hình cầu dài tăng lên so với hình cầu) thì các giá trị từ trường cực đại thu được cũng tăng lên. Do đó, có thể nói rằng, các vỏ tàu sắt từ có kích thước lớn dễ bị phát hiện hơn so với các vỏ tàu nhỏ hơn khi sử dụng cùng loại vật liệu từ.

- Các kết quả của phương pháp giải tích và phương pháp số đối với mô hình vỏ tàu hình cầu kéo dài là tương tự nhau.

4.3. Kết quả phân tích dấu vết từ trường của mô hình vỏ tàu kết hợp

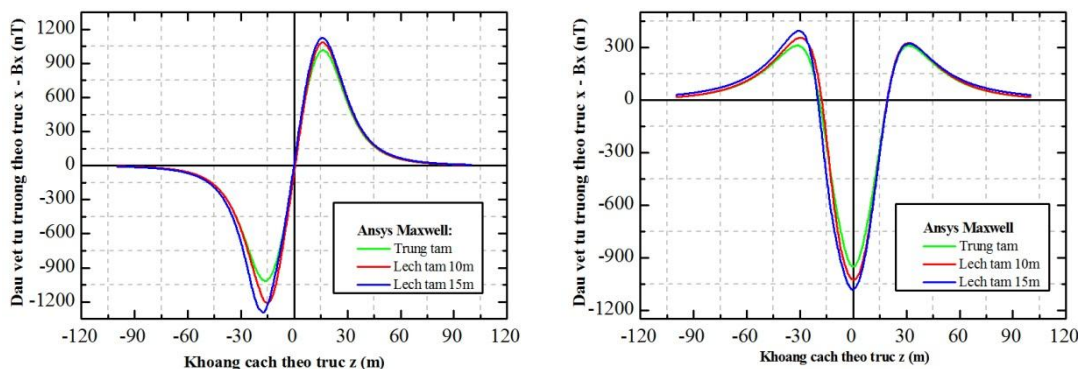
Với từ trường ngoài đặt dọc trục z , thành phần từ trường theo trục y sẽ có giá trị bằng 0 do tính chất trục giao của hệ tọa độ cầu và cầu kéo dài. Các giá trị từ trường tính bằng phương pháp bán giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn theo trục x và trục z tại vị trí $20m$ khi ghép trùng trục đối xứng và lệch trục đối xứng $10m, 15m$ được thể hiện trong hình 8 và 9.



Hình 8. Dấu vết từ trường của mô hình vỏ tàu kết hợp tính bằng phương pháp bán giải tích.

Từ các kết quả trên có thể thấy rằng:

- Xu hướng từ trường của mô hình vỏ tàu kết hợp cũng tương tự như xu hướng từ trường của mô hình vỏ tàu hình cầu và hình cầu kéo dài. Do tính không đồng nhất và không đối xứng, từ trường của mô hình kết hợp bị lệch dần về phía có khối cầu bên trên, giá trị lệch tăng dần khi khoảng cách lệch tâm tăng lên.



Hình 9. Dấu vết từ trường của mô hình vỏ tàu kết hợp tính bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

- Phương pháp bán giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn cho kết quả tính toán và mô phỏng cơ bản tương tự nhau và cho thấy có sự phù hợp tốt giữa các phương pháp tính, sai số giữa 2 phương pháp này vào khoảng 15%, sai số này ở mức có thể chấp nhận được khi mô phỏng và đánh giá nhanh một số nghiên cứu ban đầu về dấu vết từ trường của tàu.

- Khi sử dụng phương pháp bán giải tích, thời gian chạy mô phỏng của mô hình vỏ tàu kết hợp đã giảm rất nhiều so với chạy hoàn toàn bằng phương pháp phần tử hữu hạn, cụ thể là từ 7 giờ 30 phút giờ xuống còn 1 giờ 10 phút đối với mô hình kết hợp trùng trục đối xứng và từ 7 giờ 20 phút giờ xuống còn 1 giờ 05 phút đối với mô hình kết hợp lệch trục đối xứng.

5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả tính toán và mô phỏng dấu vết từ trường của một số mô hình vỏ tàu sắt từ cho thấy:

- Trong khuôn khổ bài báo này, phương pháp phần tử hữu hạn, giải tích và bán giải tích được dùng để đánh giá dấu vết từ trường của một số mô hình vỏ tàu sắt từ. Các dấu vết từ trường thu được chính là giá trị từ trường dị thường khi đã loại bỏ thành phần từ trường trái đất, các giá trị, xu hướng của từ trường này có thể được dùng làm cơ sở cho các nghiên cứu chuyên sâu khác về dấu vết từ trường của tàu mặt nước và tàu ngầm.

- Phương pháp phần tử hữu hạn cho kết quả tương tự với phương pháp giải tích truyền thống, với sai số rất nhỏ và các số liệu có tin cậy cao. Do đó, hoàn toàn có thể vận dụng qua lại lẫn nhau giữa 2 phương pháp cho các nghiên cứu về dấu vết từ trường nói chung.

- Đối với mô hình vỏ tàu kết hợp, phương pháp bán giải tích cho kết quả chính xác về hình dạng dấu vết từ trường và các số liệu xu hướng theo từng trục của mô hình, cơ bản giống như thực hiện bằng phương pháp phần tử hữu hạn, với sai số có thể chấp nhận được và có thể giảm đáng kể thời gian tính toán và mô phỏng so với phương pháp phần tử hữu hạn. Do đó, có thể sử dụng phương pháp bán giải tích để tính toán và mô phỏng nhanh các mô hình vỏ tàu có cấu trúc phức tạp hơn trong thực tế, mà vẫn cho các kết quả có độ tin cậy cao.

Lời cảm ơn: Công trình này được thực hiện với sự tài trợ của Đề tài nghiên cứu cấp nhà nước Mã số DTĐL.CN - 02/17.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phung Anh Tuan, Trinh Dinh Cuong, “Magnetic signature numerical modeling of a naval vessel,” Journal of Military Science and Technology, No.54A, 2018.

- [2]. G. J. C. Aird, "Modelling the Induced Magnetic Signature of Naval Vessels," Thesis for the degree of Doctor of Philosophy (2000).
- [3]. J. J. Holmes, "Modeling a ship's ferromagnetic signatures", vol. 16 (2007).
- [4]. J. J. Holmes, "Exploitation of A Ship's Magnetic Field Signatures", no. 1. Morgan & Claypool Publishers (2006)
- [5]. Octavian Baltag, "Analytical and physical modelling of the naval magnetic signature", The Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Construction. Architecture Section vol. 16 (2016)
- [6]. Mahdi Che Isa, "An overview of ship magnetic signature and silencing technologies", Defence S and T Technical Bulletin vol 12 (2019), pp 176-192
- [7]. <http://www.magnetic-declination.com/Vietnam/Hanoi/2921957.html>

ABSTRACT

MAGNETIC SIGNATURE MODEL OF SOME IRON-HULLED VESSELS

Today, surface ships and submarines are made of ferromagnetic material, so they are easily being "seen" by the enemy while operating on the sea. Therefore, the study of methods and techniques for analyzing, identifying and eliminating magnetic traces is a top urgent mission. The determination of the magnetic traces for ships is actually a complicated task and consumes large computational resource. Consequently, equivalent models with structures reflecting to the shape of the actual hull are studied. For that purpose, the paper will focus on spherical hull models using combination of three methods: analytic, finite element and semi-analytic calculus. The obtained results give preliminary assessments on magnetic characteristics and trends; evaluate effectiveness and applicability in magnetic detection and magnetic silencing studies for surface ships and submarines.

Keywords: Electromagnetic field; Vessel Models; Ansys Maxwell; Magnetic Signature; Semi Analytical.

Nhận bài ngày 08 tháng 5 năm 2020

Hoàn thiện ngày 26 tháng 5 năm 2020

Chấp nhận đăng ngày 03 tháng 8 năm 2020

Địa chỉ: ¹Viện Điện tử, Viện KH-CN quân sự;
²Viện Điện, Đại học Bách khoa Hà Nội;
³Khoa Vật lý kỹ thuật & Công nghệ Nano, Đại học Công nghệ.
*Email: tuan.phunganh1@hust.edu.vn.