

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Đỗ Huy Điệp

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN
MÁY PHÁT TÍNH TIẾN KHÔNG LỖI SẮT CHO
THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG

Chuyên ngành: Cơ kỹ thuật

Mã số: 60 52 01 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ CƠ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2021

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS Đặng Thế Ba

Phản biện:

.....

Phản biện:.....

.....

Phản biện:.....

.....

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia
chấm luận án tiến sĩ họp tại
vào hồi giờ ngày tháng năm 2021

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam

- Trung tâm Thông tin – Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

MỞ ĐẦU

Tính cấp thiết của đề tài

Đại dương là một nguồn năng lượng gần như vô tận đối với con người nhưng hiện nay vẫn chưa được khai thác tương xứng với tiềm năng. Năng lượng từ đại dương gồm nhiều nguồn: năng lượng thủy triều, năng lượng nhiệt biển, năng lượng dòng hải lưu, năng lượng thẩm thấu do chênh lệch độ mặn và năng lượng sóng biển, trong đó năng lượng sóng biển chiếm 70%.

Nhận thức tiềm năng của năng lượng sóng biển, các nước phát triển trên thế giới đã thực hiện nhiều nghiên cứu phát triển các hệ thống thiết bị thu và chuyển đổi năng lượng sóng. Các hệ thống chuyển đổi năng lượng sóng với nguyên lý hoạt động khác nhau đã được phát triển rộng khắp.

Trong các thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng, máy phát điện có vai trò trung tâm trong việc chuyển đổi năng lượng từ dạng cơ năng sang dạng năng lượng điện. Đối với mỗi nguyên lý làm việc khác nhau của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng cần có một dạng thiết kế máy phát điện tương ứng, phù hợp để có được cách hoạt động hiệu quả nhất. Đối với những máy phát điện tịnh tiến sử dụng nam châm vĩnh cửu hiện nay, do từ trường của nam châm vĩnh cửu còn hạn chế dẫn tới hiệu quả chuyển đổi năng lượng của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng còn chưa cao. Việc thay đổi các thông số kích thước chế tạo sẽ có ảnh hưởng đến hiệu suất đầu ra, do đó việc nghiên cứu nâng cao công suất đầu ra của máy phát điện tịnh tiến là thực sự cần thiết nhất là trong điều kiện tiềm năng kinh tế biển Việt Nam còn chưa được khai thác hết.

Kết quả mới đạt được của luận án

- Kết quả nghiên cứu đã đề xuất được một thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép cơ cấu trực tiếp sử dụng máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt phù hợp với điều kiện kinh tế, kỹ thuật cho vùng biển nước sâu của Việt Nam. Thiết bị có cấu tạo dạng phao kép (hai phao có liên kết với nhau) tự nổi trên mặt nước, giữ bằng neo mềm nên hoạt động không phụ thuộc thủy triều. Hai phao chuyển động tương đối với nhau do có cấu tạo khác nhau theo nguyên lý hấp thụ năng lượng sóng. Thiết bị này khắc phục được các nhược điểm của các thiết kế trước đây là cần một bộ phận cố định (thường là cố định với đáy biển) dẫn tới tốn kém trong giải pháp công trình biển, hoạt động phụ thuộc vào thủy triều nên khó triển khai thực tế.

- Đề xuất được cách tăng cường từ trường trong máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt bằng cách sắp xếp dây nam châm theo cấu trúc Halbach. Kết quả mô phỏng cho thấy sự thay đổi về kích thước của nam châm trong dây nam châm Halbach dẫn tới từ trường trong máy phát thay đổi. Theo đó, từ trường máy phát đạt hiệu quả cao khi chiều dài nam châm phân cực dọc có kích thước 32 mm và chiều dài nam châm phân cực ngang có kích thước 25mm.

- Xây dựng, phát triển các chương trình tính toán mô phỏng máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt sử dụng cấu trúc Halbach để phân tích cấu tạo và tối ưu hóa thiết kế. Với thông số đầu vào của sóng bao gồm: chu kỳ, dao động và các các thông số kỹ thuật của máy phát điện như kích thước, khối lượng thành phần, các nam châm, cuộn dây dẫn sử dụng trong máy phát điện thì chương trình có thể tính toán được suất điện động, công suất đầu ra của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng, kết quả công suất đầu ra của máy phát điện đạt được hiệu quả cao nhất

khi sử dụng sợi dây dẫn đường kính 0.8 mm.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- *Đối tượng nghiên cứu:* Máy phát điện tĩnh tiến sử dụng trong thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng.

- *Phạm vi nghiên cứu:* Ảnh hưởng của thông số chế tạo đến cấu trúc từ trường và công suất đầu ra của máy phát điện tĩnh tiến sử dụng dây nam châm kép Halbach.

Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện mục tiêu đề ra, luận án đã sử dụng phương pháp phân tích lý thuyết về chuyển động sóng, năng lượng sóng, và chuyển đổi năng lượng sóng để tham gia phát triển cấu tạo thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng. Áp dụng các lý thuyết về điện từ trường (định luật Faraday) để xây dựng cấu tạo và mô hình các máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt phù hợp cho thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng và áp dụng để cấu tạo các dây nam châm Halbach trong máy phát nhằm nâng cao hiệu suất.

Sử dụng phương pháp thực nghiệm trong xây dựng các mô hình vật lý về máy phát và đo đạc thực nghiệm để kiểm chứng các mô phỏng số và kết quả lý thuyết.

Phương pháp số được áp dụng trong xây dựng các mô hình, mô phỏng cho các máy phát và tính toán khảo sát để xác định các thông số cấu tạo và thiết kế.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

- *Về ý nghĩa khoa học:* Kết quả nghiên cứu góp phần làm cơ sở khoa học cho việc phát triển một mô hình thiết bị chuyển đổi

năng lượng sóng phù hợp với điều kiện kinh tế, kỹ thuật cho vùng biển nước sâu và hải đảo ở Việt Nam, thúc đẩy hiện thực sử dụng năng lượng sóng ở Việt Nam.

- *Về ý nghĩa thực tiễn:* Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, đề tài đã đóng góp cơ sở dữ liệu khoa học góp phần đề xuất giải pháp công nghệ thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng phù hợp với điều kiện kinh tế, kỹ thuật cho vùng biển nước sâu của Việt Nam. Giải pháp được đưa ra có thiết kế cấu tạo thiết bị không phức tạp, dễ chế tạo, dễ hoạt động, dễ triển khai, dễ bảo trì, bảo dưỡng, vận hành trong điều kiện của vùng biển sâu góp phần thúc đẩy thực hiện khai thác nguồn năng lượng xanh và tái tạo. Ngoài ra, nghiên cứu còn tạo ra công cụ tính toán mô phỏng, tính toán thiết kế sử dụng trong chế tạo thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng trong các nghiên cứu tiếp theo.

Bố cục của luận án

- *Phần Mở đầu:* trình bày tính cấp thiết của đề tài, đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu của luận án.

- *Chương 1:* Tổng quan nghiên cứu về thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng và máy phát điện tịnh tiến.

- *Chương 2:* Phân tích nguyên lý hoạt động, thiết kế cấu tạo và mô hình toán học thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép cơ cấu trực tiếp.

- *Chương 3:* Mô phỏng, tính toán từ trường trong các cấu hình sắp xếp nam châm khác nhau của máy phát tịnh tiến để lựa chọn cấu hình phù hợp. Thiết kế chế tạo thử nghiệm một mẫu máy phát để kiểm chứng mô hình thiết kế.

- *Chương 4:* Mô phỏng, tính toán khảo sát từ trường của máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt sử dụng nam châm sắp xếp theo cấu trúc Halbach để nâng cao mật độ từ trường trong máy phát. Tính toán tối ưu công suất đầu ra với thông số kích thước dây dẫn.

- *Kết luận và đề xuất:* Trình bày các kết quả chính, những đóng góp mới của luận án và các kiến nghị khác.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Năng lượng sóng biển Việt Nam: tiềm năng và đặc trưng sóng

1.1.1. Tiềm năng năng lượng sóng biển Việt Nam

1.1.2. Các đặc trưng sóng của vùng biển đảo Nam Trung Bộ

1.2. Tổng quan thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng và nguyên lý hoạt động

1.2.1 Thiết bị thu năng lượng sóng biển đang phát triển

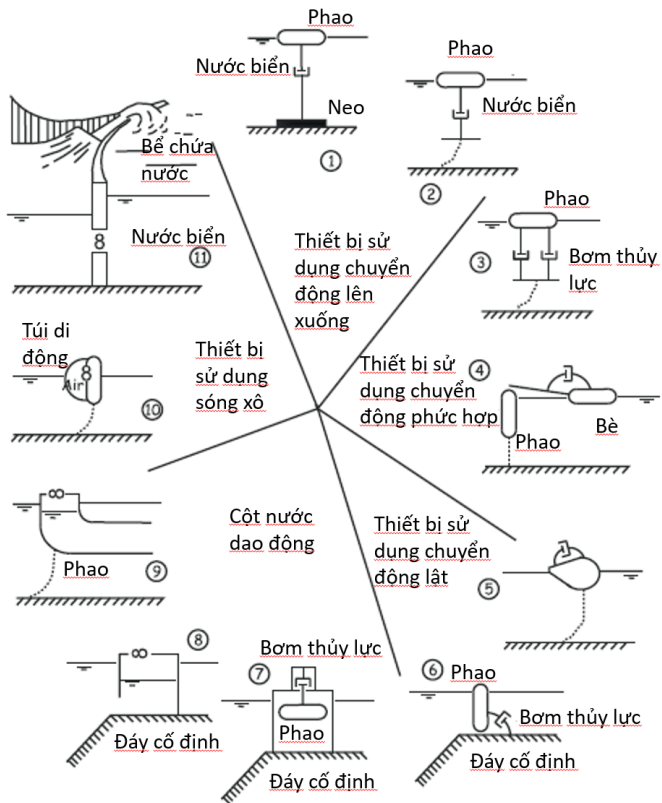
Các thiết bị sử dụng ở vùng ven bờ biển:

Các thiết bị sử dụng cho vùng gần bờ biển (độ sâu đáy biển từ 10-25m):

Các thiết bị sử dụng ngoài khơi (độ sâu đáy biển >40m):

1.2.2 Nguyên lý chuyển đổi năng lượng sóng

Với đặc trưng của vùng đảo là vùng biển nước sâu và xa đất liền, thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng cần có kết cấu đơn giản, dễ bảo hành bảo trì và cần có cơ cấu cơ khí phù hợp với chuyển động tịnh tiến chậm của phao hấp thụ năng lượng. Do đó, luận án sẽ nghiên cứu vào thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép để thỏa mãn được các điều kiện vùng nước biển sâu và xa bờ và có kết cấu đơn giản.



Hình 0. Các nguyên lý khác nhau để chuyển đổi năng lượng sóng

1.3. Một số máy phát điện tịnh tiến trong các thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng

A. Phân loại máy phát điện tịnh tiến dựa theo thiết kế điện từ trường:

- Máy phát điện tịnh tiến cảm ứng từ
- Máy phát điện từ trở chuyển mạch
- Máy phát điện đồng bộ

B. Phân loại dựa trên cấu trúc thiết kế của máy:

- *Thiết kế dạng phẳng hoặc dạng ống trụ*
- *Thiết kế dạng một mặt tiếp xúc hoặc hai mặt tiếp xúc*
- *Thiết kế có sử dụng khe tạo rãnh hoặc không rãnh*
- *Thiết kế có sử dụng lõi sắt từ và không sử dụng lõi sắt từ*

Phần này giới thiệu các loại máy phát điện tĩnh tiến đã và đang phát triển hiện nay. Với mục tiêu thiết kế thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng phù hợp với điều kiện đặc trưng của vùng biển đảo, thích hợp cho vùng nước biển sâu không cần hệ thống neo đậu, hoặc công trình biển đi kèm, thiết bị cần có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo thuận tiện cho bảo trì bảo dưỡng, hạn chế các hệ thống điều khiển điện phức tạp tránh bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết khắc nghiệt ở vùng biển.

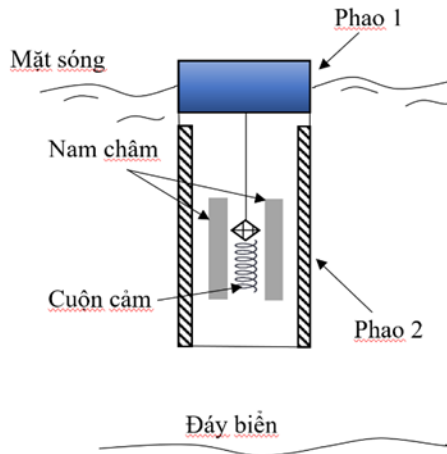
Kết luận chương

CHƯƠNG 2. THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG DẠNG PHAO KÉP

2.1. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép

Thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép cấu tạo bởi 2 phao có mô hình cơ học như mô tả trong hình 2.1. Phao thứ nhất của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển sâu được đề xuất nêu trên có bán kính phần nổi trên mặt nước đủ lớn để hấp thụ năng lượng sóng tốt và chuyển động cùng mặt sóng, nhưng đủ nhỏ so với bước sóng để đảm bảo nguyên lý hấp thụ điểm. Phao thứ hai có bán kính phần nổi trên

mặt nước bé nên hấp thụ năng lượng sóng ít, vì thế có xu hướng đứng im so với mặt sóng và với phao thứ nhất.



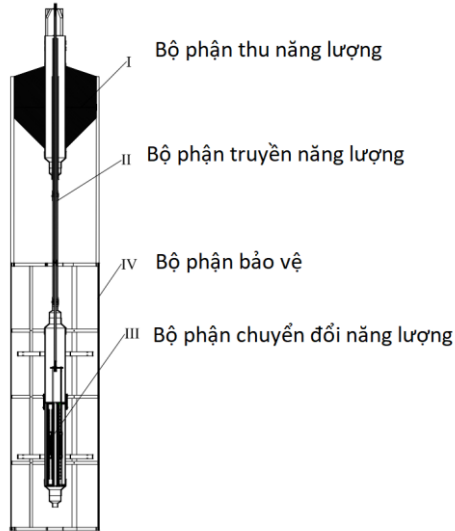
Hình 2.1 Sơ đồ nguyên lý thiết bị thu năng lượng sóng dạng phao kép

Ngoài ra để điều chỉnh các đặc trưng dao động của hai phao, tăng hiệu suất của thiết bị, đảm bảo các hoạt động của thiết bị ổn định hơn, thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển sâu còn được đề xuất bao gồm thêm lồng gia tốc gắn với phao thứ nhất và đĩa gia tốc gắn với phao thứ hai được tính toán và thiết kế hợp lý. Thiết kế này giúp thiết bị có độ tin cậy cao hơn, hoạt động ổn định hơn so với các thiết bị trước do hai phao có nhiều liên kết hơn thông qua lồng và đĩa gia tốc.

2.2. Thiết kế cấu tạo của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép

Thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao sử dụng máy phát điện tĩnh tiến nam châm vĩnh cửu không lõi sắt gồm *bộ phận thu năng lượng* (phao), *bộ phận truyền năng lượng* (hệ thống ống kéo), *bộ phận*

chuyển đổi năng lượng (máy phát tinh tiến sử dụng nam châm vĩnh cửu không lõi sắt), *bộ phận bảo vệ* (vỏ định tâm), *bộ phận tinh chỉnh* (phao phụ) hình 2.2.



Hình 2.1 Thiết kế cấu tạo thiết bị thu năng lượng sóng dạng phao kép

2.3. Mô hình toán học mô tả sự hoạt động của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kép

Phương trình sóng tuyến tính:

$$\eta(t) = \eta_a \cos(\omega t - kx) \quad (2.1)$$

Trong đó, $\eta(t)$ là độ cao sóng, η_a là biên độ sóng, ω là tần số sóng, k là số sóng

Phương trình chuyển động của phao 1:

Phương trình mô tả chuyển động đứng của phao có dạng:

$$m_{bl} \ddot{s}_b(t) = F_{e,b}(t) + F_{r,b}(t) + F_{b,b}(t) + F_{b,y}(t) + F_{b,f}(t) + F_{b,u}(t) \quad (2.2)$$

Phương trình chuyển động của pha 2:

Phương trình chuyển động của pha 2 viết được ở dạng:

$$m_{d1}\ddot{s}_d(t) = -R_d\dot{s}_d(t) - S_d s_d(t) + F_{d,e}(t) + R_{b,d}\dot{s}_b(t) + F_u(t) \quad (2.12)$$

Tính toán mô phỏng

Kết hợp các phương trình chuyển động của pha 1 (2.2), pha 2 (2.12) và phương trình mạch máy phát (2.17), thu được hệ 3 phương trình vi phân cho dịch chuyển của các pha và cường độ dòng điện trong máy phát. Công suất thu được của thiết bị tính được như biểu thức (2.19).

Đây là hệ phương trình mô tả hoạt động của thiết bị.

$$m_{b1}\ddot{s}_b(t) = -R_b\dot{s}_b(t) - S_b s_b(t) + F_{e,b}(t) + R_{b,d}\dot{s}_d(t) - F_u(t) \quad (2.21a)$$

$$m_{d1}\ddot{s}_d(t) = -R_d\dot{s}_d(t) - S_d s_d(t) + F_{d,e}(t) + R_{b,d}\dot{s}_b(t) + F_u(t) \quad (2.21b)$$

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} = -\left(\frac{R_L + R_i}{L}\right) R_L I_L(t) + \frac{R_L e(t)}{L} \quad (2.21c)$$

Hệ phương trình (2.21) có thể viết lại ở phương trình trạng thái như sau:

$$\dot{s}_b(t) = u_b(t) \quad (2.22a)$$

$$\dot{u}_b(t) = \frac{1}{M_1} G_b(t) \quad (2.22b)$$

$$\dot{s}_d(t) = u_d(t) \quad (2.22c)$$

$$\dot{u}_d(t) = \frac{1}{M_4} G_d(t) \quad (2.22d)$$

$$\dot{I}_L(t) = G_g(t) \quad (2.22e)$$

Trong đó :

$$\begin{aligned} M_1 &= m_{b1}; \quad M_4 = m_{d1}; \\ G_b(t) &= -R_b\dot{s}_b(t) - S_b s_b(t) + F_{e,b}(t) + R_{b,d}\dot{s}_d(t) - F_u(t); \\ G_d(t) &= -R_d\dot{s}_d(t) - S_d s_d(t) + F_{d,e}(t) + R_{d,b}\dot{s}_b(t) - F_u(t); \end{aligned}$$

$$G_g(t) = - \left(\frac{R_L + R_i}{L^2} \right) R_L I_L(t) - \frac{R_L N l \hat{B} \sin \left(\frac{2\pi (s_b(t) - s_d(t))}{\lambda} \right) (\dot{s}_b(t) - \dot{s}_d(t))}{L^2};$$

Đây là hệ 5 phương trình vi phân bậc nhất tuyến tính dịch chuyển, vẫn tốc dịch chuyển của mỗi pha và cường độ dòng điện trên tải của thiết bị. Hệ được giải bằng phương pháp số trong Matlab.

Kết luận chương

CHƯƠNG 3. MÁY PHÁT ĐIỆN TỊNH TIẾN SỬ DỤNG NAM CHÂM VĨNH CỬU KHÔNG LỖI SẮT TỪ

3.1 Mô hình máy phát điện tịnh tiến sử dụng nam châm vĩnh cửu không lõi sắt từ

Cấu tạo máy phát điện tịnh tiến

Nguyên lý hoạt động

Phương trình từ trường của máy phát tịnh tiến

3.2 Mô phỏng trường điện từ của máy phát điện tịnh tiến sử dụng dây nam châm vĩnh cửu

3.3 Kết quả mô phỏng hoạt động của thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển dạng pha kép

3.4 Thiết kế, chế tạo hệ thống chuyển đổi năng lượng sóng thử nghiệm

3.4.1 Thiết kế, chế tạo máy phát điện

3.4.2 Thiết kế, chế tạo hệ thống pha

3.4.3 Bộ tạo chuyển động cho thử nghiệm thiết bị

3.4.4 Kết quả thử nghiệm thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng

Kết luận chương

CHƯƠNG 4. MÁY PHÁT ĐIỆN TỊNH TIẾN SỬ DỤNG NAM CHÂM SẮP XẾP THEO CẤU TRÚC HALBACH

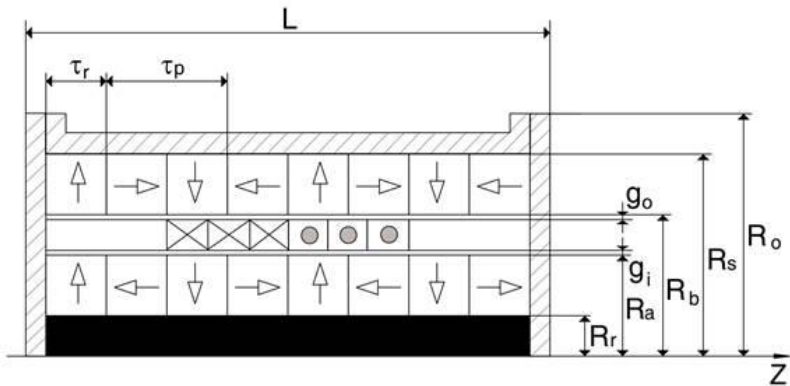
4.1 Mô hình sử dụng dây nam châm vĩnh cửu sắp xếp theo cấu trúc Halbach

4.1.1 Cấu trúc dây nam châm Halbach

4.1.2 Mô hình giải tích của từ trường trong máy phát điện tịnh tiến sử dụng dây nam châm Halbach kép

4.2 Kiểm định và xác nhận mô hình mô phỏng

Trong phần này, luận án thực hiện mô phỏng một mô hình máy phát điện sử dụng dây Halbach kép đã được nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trong một nghiên cứu đã được công bố nhằm kiểm định lại phương pháp mô phỏng và xác nhận tính chính xác của phương pháp.

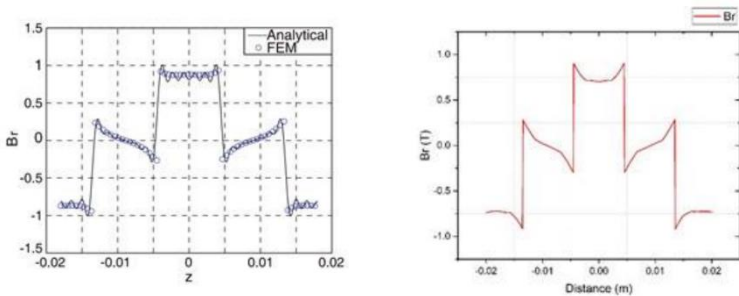


Bảng 4.1 Thông số thiết kế nguyên mẫu máy phát điện [86]

Bán kính lớn nhất R_o	30 mm	Bán kính ngoài của dây nam châm ngoài R_s	17 mm
Chiều dài máy L	89 mm	Bán kính trong của dây nam châm ngoài R_b	14 mm

Độ rộng của nam châm phân cực hướng trục τ_r	9 mm	Bán kính ngoài của dây nam châm trong R_a	9 mm
Độ dài cực nam châm τ_p	18 mm	Bán kính trong của dây nam châm trong R_r	5 mm
Số phân cực nam châm	4	Số vòng dây quấn	100 vòng
Lớp đệm không khí ngoài g_o	0.2 mm	Lớp đệm không khí trong g_i	0.2 mm

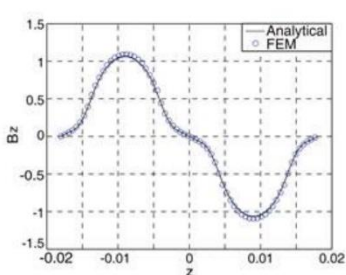
So sánh kết quả mô phỏng và kết quả đã được công bố đối với biên thiên từ trường theo phương bán kính B_r nằm trong vùng dây nam châm vòng trong tại điểm có bán kính $r = (R_r + R_a)/2$, kết quả thu được (xem hình 3.9)



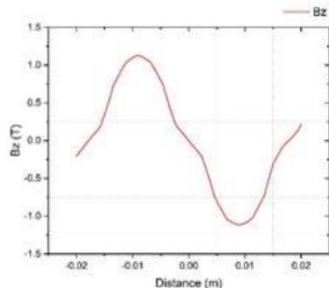
(a) Kết quả giải tích, mô phỏng đã công bố

(b) Kết quả mô phỏng

Hình 3.9 So sánh kết quả đã công bố và kết quả mô phỏng biến thiên từ trường theo phương bán kính B_r tại $r = (R_r + R_a)/2$



(a) Kết quả giải tích, mô phỏng đã công bố



(b) Kết quả mô phỏng

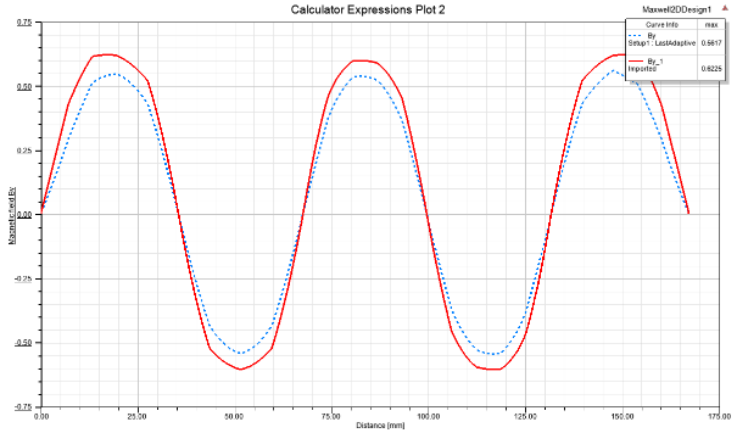
Hình 3.10 So sánh kết quả đã công bố và kết quả mô phỏng biến thiên từ trường theo phương bán kính B_z tại $r = (R_b + R_s)/2$

Các kết quả mô phỏng từ trường theo phương bán kính B_r và từ trường theo phương dọc trục B_z trong 3 vùng: vùng dây nam châm vòng ngoài (tại $r = (R_b + R_s)/2$), vùng dây nam châm vòng trong (tại $r = (R_r + R_a)/2$), và vùng hoạt động của cuộn dây (tại $r = 12$ mm) có sự thống nhất cao trong kết quả cho thấy tính khả tin của phương pháp mô phỏng.

4.3 Kết quả mô phỏng từ trường với phần mềm Ansys Maxwell

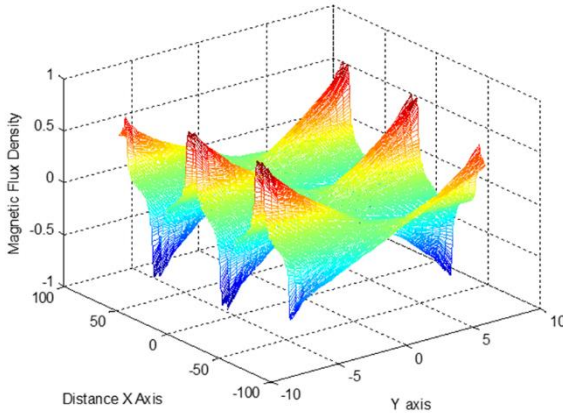
4.3.1 Tính toán mô phỏng cho 2 cấu hình nam châm trong máy phát điện

Kết quả mô phỏng như hình 3.22 cho thấy mật độ từ thông tăng khi cấu trúc mảng Halbach được sử dụng. Đường chấm màu xanh cho thấy mật độ từ thông tại đường trung tâm của máy phát được giới thiệu trong thiết kế hiện có, và đường màu đỏ cho thấy mật độ từ thông của máy phát khi sử dụng cấu trúc mảng Halbach kép. Giá trị tối đa của mật độ từ thông tại trung tâm có thể được cải thiện khoảng 10,8% do đó công suất đầu ra có thể cải thiện.



Hình 3.22 Cường độ từ trường nam châm trong 2 cấu hình

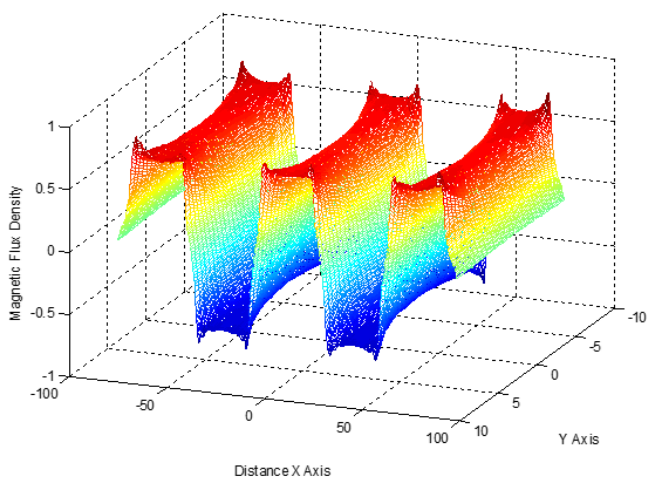
4.3.2 Khảo sát phân bố từ trường trong máy phát điện tĩnh tiến sử dụng nam châm sắp xếp theo cấu hình Halbach



Phân bố mật độ từ thông theo phương dọc trục x của máy phát tĩnh tiến Halbach

Từ các kết quả mô phỏng có thể thấy, từ trường theo phương dọc trục của máy phát tĩnh tiến có độ lớn tương đương và đối xứng qua trục

ngang, phù hợp với cách sắp xếp nam châm phân cực ngang giống nhau nằm so le trong dãy nam châm Halbach bên trong và bên ngoài.

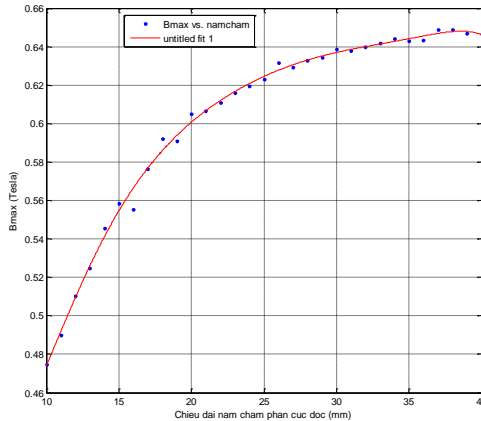


Phân bố mật độ từ thông theo phương dọc trục y của máy phát tĩnh tiến Halbach

Với các kết quả tính toán đã cho thấy toàn cảnh về cấu trúc từ trường của dãy nam châm Halbach. Từ trường trong máy phát bao gồm 2 thành phần: thành phần B_x dọc theo phương dịch chuyển của cuộn cảm, thành phần B_y vuông góc với phương dịch chuyển của cuộn cảm. Phương dịch chuyển của cuộn cảm trong máy phát gắn với phao dịch chuyển theo phương ngang sẽ tạo từ mặt cắt có từ trường biến thiên với thành phần B_y , do đó thành phần từ trường tạo ra suất điện động sẽ là từ trường vuông góc với phương chuyển động của cuộn cảm – B_y .

4.3.3 Khảo sát sự phụ thuộc cường độ từ trường cực đại với thông số kích thước nam châm

Quan sát biểu đồ sự phụ thuộc của mật độ từ thông với kích thước nam châm phân cực dọc, ta thấy khi kích thước nam châm tăng thì cường độ cực đại của từ trường tăng nhanh và tiệm cận tới giá trị ngưỡng khi chiều dài nam châm phân cực dọc trực tiến tới $a = 32\text{mm}$.



Hình 3.44 Biểu đồ sự phụ thuộc của mật độ từ thông với kích thước nam châm phân cực thẳng

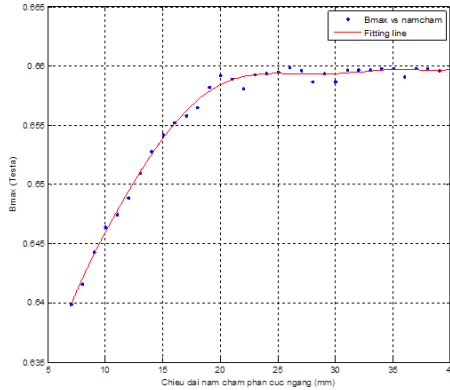
Quan sát biểu đồ sự phụ thuộc của mật độ từ thông với kích thước nam châm phân cực ngang, ta thấy khi kích thước nam châm tăng thì cường độ cực đại của từ trường tăng nhanh và tiệm cận tới giá trị ngưỡng khi chiều dài nam châm phân cực ngang trực tiến tới $b = 25\text{mm}$ (hình 3.45).

4.4 Chương trình Matlab-Simulink tính toán công suất đầu ra của máy phát điện

Khai triển Fourier của từ trường

Trường phân bố thông lượng từ có thể biểu diễn bằng tổng các hàm sine và cosine có chu kỳ bằng bội của tần số góc nam châm ω .

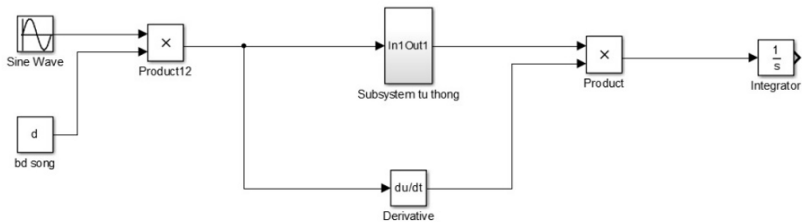
$$B_x(y) = \hat{B} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) = \sum_{n=1}^{\infty} \{A_n \sin(n\omega x) + B_n \cos(n\omega x)\} \quad (4.2)$$



Hình 3.45 Biểu đồ sự phụ thuộc của mật độ từ thông với kích thước nam châm phân cực ngang

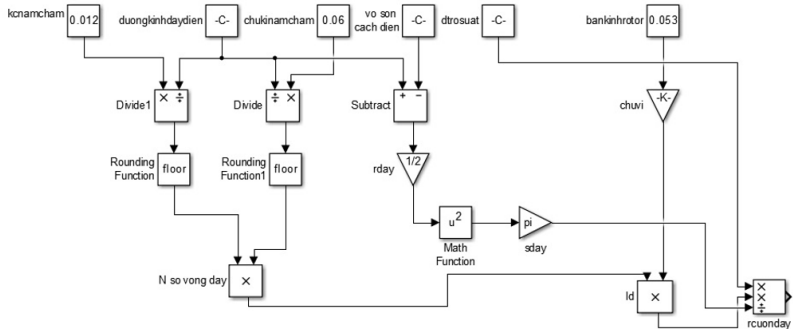
Dòng điện cảm ứng trong máy phát điện tĩnh tiến

Tổng từ thông biến thiên do 1 sợi dây diện quét qua $\Phi_B = \int B_x \dot{x} dt$



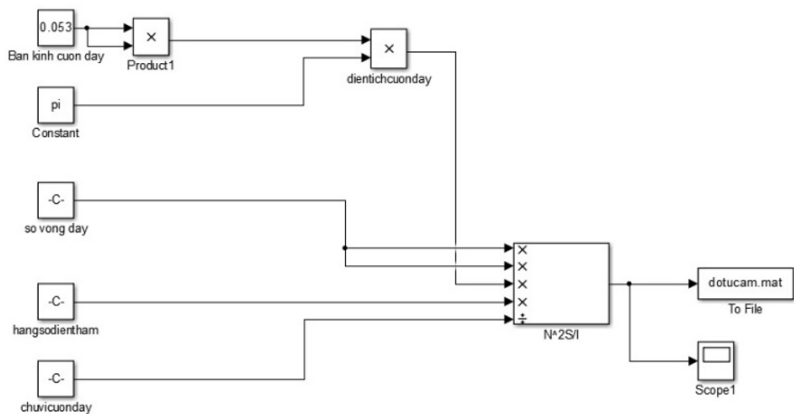
Hình 4.5 Sơ đồ khối xác định từ thông khi 1 sợi dây dẫn di chuyển trong từ trường nam châm

Số vòng dây được tính theo công thức $N = \text{round}(l/d_{dd}) \times \text{round}(p/d_{dd})$ với l là chiều dài nam châm, p là chu kì của nam châm, d_{dd} là đường kính dây dẫn.



Hình 4.7 Sơ đồ khối tính toán số vòng dây dẫn và điện trở của 1 cuộn cảm.

Khi đó L (henry) là độ tự cảm của cuộn dây, được tính bằng biểu thức $L = \mu_o \cdot \mu \cdot N^2 \cdot S / l_{\text{ống}}$ với S là tiết diện cuộn dây, μ_o là độ từ thẩm của không khí, μ là độ từ thẩm lõi cuộn dây, N là số vòng dây, $l_{\text{ống}}$ là chiều dài ống dây.



Hình 4.8 Sơ đồ khối độ tự cảm của cuộn dây

Điện trở của cuộn dây được tính theo công thức $R = \rho \frac{l_d}{s_d}$ trong đó ρ là điện trở suất của dây dẫn, l_d là chiều dài dây dẫn, s_d là tiết diện dây dẫn.

Khi nối cuộn dây với mạch tiêu thụ ngoài có trở thuần RL, theo định luật KVL, thu nhận được phương trình cho cường độ dòng điện của mạch tiêu thụ nguồn sinh ra từ một cuộn dây của máy có dạng [6]:

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} = - \left(\frac{R_L + R_t}{L} \right) R_L I_L(t) + \frac{R_t e(t)}{L} \quad (4.5)$$

4.5 Tính toán mô phỏng cho một máy phát điện tĩnh tiến

4.6 Tối ưu công suất đầu ra theo thông số kích thước dây dẫn máy phát

Qua ví dụ tính toán ở trên, sự thay đổi thông số cuộn dây sẽ dẫn đến thay đổi điện trở nội của máy phát điện, thay đổi số vòng dây dẫn cuộn trong một pha, và đồng thời thay đổi độ tự cảm của cuộn dây.

Khi giảm đường kính sợi dây dẫn thì số vòng dây dẫn cuộn trong một

pha sẽ tăng lên dẫn đến thu được nhiều thông lượng từ hơn khi cuộn dây dịch chuyển, từ đó tăng suất điện động. Tuy nhiên đường kính sợi dây nhỏ lại dẫn đến chiều dài dây dẫn cuộn trong một pha tăng lên, đồng thời tiết diện dây dẫn sẽ giảm đi dẫn đến điện trở của cuộn dây sẽ tăng lên. Ngoài ra, khi đó độ tự cảm của cuộn dây sẽ tăng lên dẫn đến từ kháng của cuộn dây tăng.

Ngược lại, khi đường kính sợi dây tăng thì số vòng dây dẫn cuộn trong một pha sẽ giảm dẫn đến tổng lượng từ thông thu được sẽ bị giảm khi cuộn dây dịch chuyển. Tuy nhiên đường kính dây tăng sẽ dẫn đến điện trở cuộn dây và từ kháng giảm.



Hình 0.1 Đường cong công suất với đường kính dây dẫn

4.7 Kết luận chương

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

KẾT LUẬN

Luận án "*Nghiên cứu phát triển máy phát tĩnh tiến không lõi sắt cho thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng*" qua quá trình nghiên cứu đã thu được một số kết quả sau:

- Đánh giá thực trạng, phân loại các dạng thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng và máy phát điện tĩnh tiến đang phát triển trên thế giới và tại Việt Nam. Từ đó xác định phương án phát triển phù hợp cho việc khai thác năng lượng sóng vùng biển xa bờ Việt Nam.
- Đề xuất một giải pháp công nghệ phù hợp với điều kiện kinh tế, kỹ thuật cho vùng biển nước sâu của Việt Nam là thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng dạng phao kếp cơ cấu trực tiếp sử dụng máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt. Thiết kế cấu tạo của thiết bị không phức tạp, dễ chế tạo, dễ hoạt động, dễ triển khai, dễ bảo trì, bảo dưỡng, vận hành trong điều kiện của vùng biển sâu góp phần khai thác sử dụng nguồn năng lượng sóng phục vụ các nhu cầu phát triển kinh tế, phù hợp phát triển bền vững.
- Đề xuất được một cách tăng cường từ trường trong máy phát điện bằng cách sắp xếp dây nam châm theo cấu trúc Halbach, khắc phục nhược điểm công suất đầu ra thấp của các thiết kế hiện có bằng cách tập trung từ trường vào trong lòng hai dây nam châm từ đó nâng cao lượng từ thông biến thiên trong cuộn dây dẫn. Kết quả mô phỏng giúp hình dung trực quan về phân bố từ trường của dây nam châm trong máy phát điện. Khảo sát ảnh hưởng của kích thước chiều dài nam châm đến cường độ từ trường cực đại từ đó lựa chọn được nam châm có chiều dài phù hợp nhằm tăng lượng từ thông trong máy phát điện.
- Xây dựng được một chương trình Matlab - Simulink để mô hình, mô phỏng hệ thống hoạt động của máy phát điện tĩnh tiến không lõi sắt. Thực hiện tính toán công suất đầu ra của máy phát điện dựa trên thông số hoạt động, thông số kích thước hình học của một máy phát điện cụ thể. Khảo sát công suất đầu ra của máy

phát với thông số kích thước đường kính sợi dây trong cuộn cảm cho thấy khi đường kính sợi dây thay đổi thì công suất đầu ra của máy phát điện cũng thay đổi và công suất đầu ra của máy phát điện đạt được hiệu quả tốt nhất khi sử dụng sợi dây dẫn đường kính 0.8 mm.

ĐỀ XUẤT

Với kết quả đạt được ở dạng hiển, dễ đánh giá và kiểm nghiệm, mẫu thiết bị đề xuất trong nghiên cứu có giá trị tham khảo cho các nhà thiết kế, chế tạo xem xét sử dụng nhằm hướng tới việc chế tạo một thiết bị chuyên đổi năng lượng sóng phù hợp với điều kiện kỹ thuật, kinh tế cho vùng biển sâu của Việt Nam.

Các ý tưởng và giải pháp đề xuất trong luận án có thể tiếp tục bổ sung và phát triển theo một số định hướng sau đây:

- Viết chương trình phần mềm kết nối từ kết quả số của Ansys Maxwell sang chương trình Matlab-Simulink, tích hợp thành dạng module để đóng gói quy trình.
- Chế tạo thử nghiệm thiết bị theo thiết kế để kiểm tra đối chiếu với các kết quả tính toán.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của biên độ dao động sóng và tần số sóng lên công suất đầu ra của máy phát điện.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

- [CT1]. Do Huy Diep, Nguyen Van Duc, Nguyen Xuan Quynh and Dang The Ba (2020) *Optimizing linear generator design's parameters for output power using mix numerical and analytical technique* In International Conference on Advanced Mechatronic Systems, Hanoi, Vietnam, December 10 - 13, 2020 (Scopus).
- [CT2]. Do Huy Diep, Nguyen Xuan Quynh and Dang The Ba (2021) *Study on the field strength and the output power of the dual halbach magnet array based linear generator using mix calculation methods* Int. J. of Advanced Mechatronic Systems. (Scopus).
- [CT3]. Do Huy Diep, Nguyen Van Duc, Nguyen Xuan Quynh and Dang The Ba (2020) *Khảo sát từ trường của dãy nam châm kép sắp xếp theo cấu trúc Halbach trong máy phát tuyến tính sử dụng trong thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng*. TNU Journal of Science and Technology 2020, 225(14).pp 54 – 61. ISSN 1859-2171.
- [CT4]. Đỗ Huy Điệp, Nguyễn Văn Đức, Đặng Thế Ba (2020) *Ứng dụng Matlab-Simulink trong tính toán suất điện động và công suất cho máy phát điện tĩnh tiến sử dụng cấu trúc nam châm Halbach* In: Hội nghị Cơ học Thủy khí toàn quốc 2020.
- [CT5]. Do Huy Diep, Dang The Ba, Nguyen Van Duc “*Investigate Magnetic Field of Dual Halbach Array in Linear Generator using for Wave Energy Conversion*” - International

Conference on Fluid Machinery and Automation Systems –
ICFMAS2018

- [CT6]. Đỗ Huy Diệp, Đặng Thế Ba và Nguyễn Văn Đức ”*Tính toán và tối ưu hóa thiết kế máy phát điện dây nam châm Halbach cho thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng*” Hội nghị cơ học toàn quốc In: Hội nghị Cơ học toàn quốc 2019, 9/4/2019, Hà Nội. (In Press)
- [CT7]. Do, Huy Diep and Dang, The Ba and Nguyen, Van Duc (2019) “*Design Of Linear Generator With Halbach Dual Magnet Structure According To Wave Energy Converter For Navigational Buoys*”. In: The 5th International Conference on Engineering Mechanics and Automation (ICEMA 5), 11-12 October 2019, Hanoi
- [CT8]. Dang, The Ba and Do, Huy Diep and Pham, Hai Yen and Nguyen, Van Duc (2019) “*Design and Simulation of a vertical axis wind turbine for using on navigational buoys.*” In: The 5th International Conference on Engineering Mechanics and Automation (ICEMA 5), 11-12 October 2019, Hanoi. (In Press)