

Gọi thời gian chuyển động của xuồng bắt đầu từ giai đoạn 3 đến lúc xuồng bắt đầu tiếp nước là τ_3 . Khi mũi xuồng tiếp nước thì:

$$y_m = H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \tau_3^2 + v_{2y} \cdot \tau_3 + y_c(\tau_2) + (1-a) \cdot \sin \varphi_m + h \cdot \cos \varphi_m \quad (21)$$

Gọi góc tiếp nước là φ_m , được xác định như sau:

$$\varphi_m = \omega_2 \cdot \tau_3 + \varphi_2 \quad (22)$$

3. Kết luận

Mô hình toán học này đã được xây dựng để nghiên cứu khảo sát quá trình phóng xuồng cứu sinh và tính toán góc tiếp nước của xuồng. Quá trình chuyển động của xuồng từ giá đến khi tiếp nước được chia thành 3 giai đoạn là hợp lý, đúng với bản chất cơ học. Các phương trình chuyển động được xây dựng là phù hợp với bản chất lý thuyết. Nhưng để áp dụng thực tế tính toán thiết kế ta phải quan tâm yếu tố ma sát trong giai đoạn xuồng chuyển động trên giá.

Từ mô hình bài toán này, tác giả đã sử dụng để xây dựng thuật toán và chương trình tính toán khảo sát quá trình phóng xuồng và xác định góc tiếp nước của xuồng phục vụ cho công tác nghiên cứu, thiết kế hệ xuồng này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Quang Khải, "Tính toán động lực học quá trình phóng xuồng cứu sinh", Luận văn Thạc sĩ khoa học, Trường Đại học Hàng hải, 1998.
- [2] Phạm Thế Phiệt, Nguyễn Đình Hùng, "Cơ học lý thuyết", Trường Đại học Hàng hải, 1990.
- [3] Nguyễn Đình Hùng, Nguyễn Văn Phong, Nguyễn Trung Khang, Nguyễn Tăng Phương, "Khảo sát động lực học quá trình phóng xuồng cứu sinh" Trường Đại học Hàng hải, 1995.

Phản biện: PGS.TS. Lê Hồng Bang

MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU TUYẾN TÍNH NAM CHÂM VĨNH CỬU TRONG KHAI THÁC ĐIỆN SÓNG BIỂN PERMANENT MAGNET LINEAR ALTERNATORS (PMLA) HARNESS WAVE ENERGY

TS. ĐÀO MINH QUÂN

Khoa Điện - Điện tử, Trường ĐHHHVN

Tóm tắt

Năng lượng từ sóng biển có lợi thế là hoàn toàn tự nhiên, xanh và không gây ô nhiễm, để khai thác nguồn năng lượng này, thực tế đã có nhiều phương pháp để khai thác năng lượng cơ học của sóng biển sang năng lượng điện. Bài báo giới thiệu giải pháp sử dụng máy phát điện xoay chiều tuyến tính nam châm vĩnh cửu (PMLA) là công nghệ mới hiện nay có thể chuyển đổi trực tiếp cơ năng của sóng biển thành điện năng.

Abstract

The advantage of energy from the waves is completely natural, green and non-polluting, in order to harness wave energy, there are many methods to harness the mechanical energy of ocean waves into electrical energy. The paper introduces solutions using AC generator Permanent Magnet Linear Alternators (PMLA) is a new technology, which can directly convert mechanical energy of ocean waves into electric power.

Keyword: Energy waves, Permanent Magnet Linear Alternators (PMLA)

1. Thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển

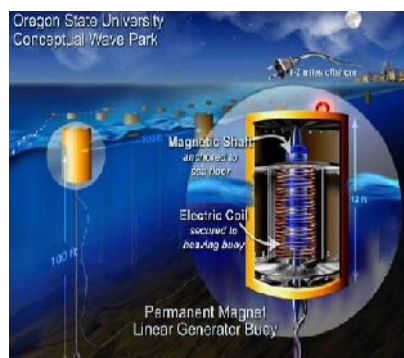
Có nhiều phương pháp để khai thác năng lượng cơ học của sóng biển sang năng lượng điện, như: khí động, thủy động, thủy tĩnh chuyển động tương đối của phao và loại thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng xa bờ hay gần bờ. Với thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng xa bờ: các thiết bị này thường được đặt ở khu vực nước sâu và xa đất liền, việc khai thác năng lượng sóng ở đây tập trung vào khai thác lực của mặt sóng tác động theo phương đứng, Có nhiều phương pháp biến đổi năng lượng sóng xa bờ thành năng lượng điện như: biến lực mặt sóng thành chuyển động tịnh

tiến của PMLA, thành áp suất không khí làm quay cánh quạt hay tác động vào piston, thành chuyển động tịnh tiến của piston truyền động... Từ đó các thiết bị chuyển đổi năng lượng này cũng có rất nhiều dạng và nguyên lý hoạt động khác nhau [1,3].

Trong phạm vi bài báo đề cập tới Máy phát điện xoay chiều tuyến tính chuyển đổi năng lượng sóng xa bờ trực tiếp như hình 1:

Phao phát điện nam châm vĩnh cửu có kết cấu như sau: Tâm là một trục dài khoảng 4 mét gồm nhiều thanh nam châm vĩnh cửu mạnh, những cuộn dây đồng nằm xung quanh trục; phao được neo vào đáy biển có độ sâu khoảng 30 mét. Vỏ làm bằng sợi thủy tinh và composit, sóng biển tác động làm phao di chuyển lên xuống theo từng cơn sóng, cuộn dây di chuyển lên xuống trên trục của nam châm sẽ sản sinh một dòng điện. Mẫu này theo nguyên tắc truyền động trực tiếp nên hiệu suất năng lượng đạt gần 90%.

Phao được neo chặt vào giá đặt ở đáy biển có thể hoạt động liên tục trong 5 năm. Năng lượng thu từ sóng biển cũng giống như năng lượng thu từ gió. Tuy nhiên nhiên sóng có mật độ lớn hơn gió gấp 50 lần. Điện áp AC thu từ phao thuộc dạng không ổn định sẽ chuyển tiếp cho hộp kết nối và chuyển đổi thành điện DC, tiếp đó truyền tải vào bờ và chuyển đổi thành điện AC chuẩn.



Hình 1. Máy phát điện sóng tuyến tính

2. Máy phát điện xoay chiều tuyến tính nam châm vĩnh cửu (PMLA)

2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

2.1.1 Cấu tạo

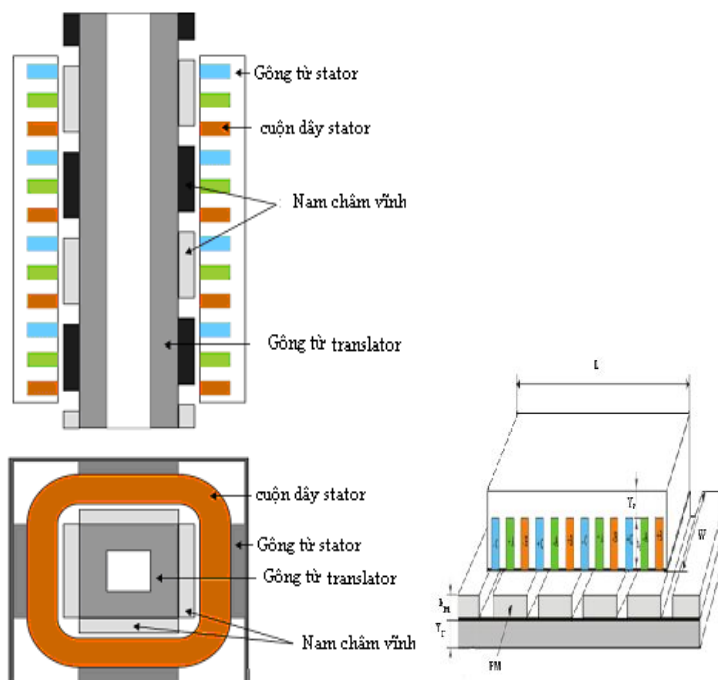
Khi hình dung tăng dần bán kính của máy điện quay tiến tới vô cùng, thì ta sẽ thu được thành phần stato dưới dạng trải và thành phần Roto sẽ là phần di động trên bề mặt trải dài đó. PMLA được hiểu như là máy điện tròn được xẻ dọc và làm dẹt ra có hai kiểu làm dẹt là làm dẹt đơn và làm dẹt kép [1,2].

PMLA gồm có 2 phần, phần chuyển động translator và phần tĩnh stato (hình 2): Stator gồm vỏ lõi và dây quấn, vỏ làm bằng thép dúc, vật liệu tổng hợp có nhiệm vụ bảo vệ mạch từ. Lõi thép stato được chế tạo hoàn toàn giống như lõi stato của máy điện quay. Translator là phần cảm, phần chuyển động (kích từ) thì nó gồm lõi thép và nam châm vĩnh cửu.

2.1.2. Nguyên lý hoạt động

Ở chế độ máy phát kích từ bằng nam châm vĩnh cửu (PMLA), khi bộ phận translator chứa nam châm vĩnh cửu chuyển động tương đối so với stator, trong các cuộn dây stator xuất hiện sức điện động cảm ứng, khi từ trường biến thiên. Nếu được nối với tải sẽ có dòng điện chạy trong cuộn dây phần ứng, dòng điện này lần lượt tạo ra từ thông tương tác với từ thông của nam châm vĩnh cửu, sinh ra lực có xu hướng tác động ngược lên translator.

Sự chuyển động tịnh tiến của translator máy phát điện tuyến tính $I(x)$ được biểu diễn [1,2]:



Hình 2. Máy phát điện xoay chiều tuyến tính nam châm vĩnh cửu

$$Y(t) = \frac{d}{2} \cdot \sin(\omega_m t) \quad (1)$$

với $\omega_m = 2\pi \cdot f_m = \frac{2\pi}{T_m}$: là tần số góc của chuyển động (rad/s); d: hành trình chuyển động tối đa của translator máy phát (m), khi đó từ thông trong các cuộn dây máy phát biến thiên (với điều kiện đầu = 0) là: $\phi(t) = \Phi \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot Y(t)\right)$ (2)

Φ : Giá trị biên độ từ thông đỉnh được sinh ra bởi nam châm vĩnh cửu (T)

λ : Bước sóng từ (m).

Số đôi cực của PMLA bằng một nửa bước sóng từ, điện áp sinh ra trong các cuộn dây được biểu diễn bởi định luật Faraday, mô tả bởi phương trình:

$$v(t) = N \frac{d\phi}{dt} \quad (3)$$

Từ (1), (2), (3) ta có phương trình điện áp biến thiên theo thời gian như sau:

$$v(t) = V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin(\omega_m t) + v\right); \quad (v = 0, \pm \frac{2\pi}{3}) \quad (4)$$

Trong đó : V là biên độ điện áp pha, N: Số vòng của mỗi cuộn dây.

Với PMLA 3 pha mỗi pha lệch nhau 120° điện, ta có phương trình máy phát điện như sau:

$$\begin{aligned} v_a(t) &= V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left(\frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin(\omega_m t)\right) \\ v_b(t) &= V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left[\frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin(\omega_m t) - \frac{2\pi}{3}\right] \\ v_c(t) &= V \cdot \cos(\omega_m t) \cdot \cos\left[\frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin(\omega_m t) - \frac{4\pi}{3}\right] \end{aligned} \quad (5)$$

Biên độ tần số điện (max) đỉnh điểm được xác định bằng cách chia tốc độ chuyển đổi tối đa cho bước sóng từ (λ)

$$\omega_e = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{dx}{dt}\right)_{\max}; \quad (6)$$

$$f_e = \frac{v_{pk}}{\lambda} \quad (7)$$

d: (m); λ : (m); v_{pk} : Vận tốc bước sóng từ max (m)

Tương tự như mô hình động của máy điện đồng bộ quay nam châm vĩnh cửu chỉ khác nhau giữa mô men và lực tác động thẳng, các góc quay trong máy điện quay thì phụ thuộc vào vận tốc góc, trong khi góc cơ khí của máy điện tuyến tính thì phụ thuộc vào vận tốc tuyến tính.

Các phương trình của trục dq được biểu diễn như sau:

$$v_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d}{dt} \lambda_{sd} - \omega_m \lambda_{sq} \quad (8)$$

$$v_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d}{dt} \lambda_{sq} + \omega_m \lambda_{sd} \quad (9)$$

với: $\lambda_{sd} = L_s i_{sd} + \lambda_{fd}$; $\lambda_{sq} = L_s i_{sq}$; $L_s = L_{ls} + L_m$

R_s : Điện trở cuộn dây; ω_m : Tần số góc điện; I_q : Dòng điện trục q; I_d : Dòng điện trục d; λ_{fd} : kích từ liên kết của stato do thông lượng sinh ra bởi các nam châm vĩnh cửu; V_{sd} : Điện áp trục d; V_q : Điện áp trục q. Kết hợp các biểu thức trên ta có:

$$v_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d}{dt} (L_s i_{sd} + \lambda_{fd}) - \omega_m L_s i_{sq} \quad (10)$$

$$v_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d}{dt} L_s i_{sq} + \omega_m (L_s i_{sd} + \lambda_{fd}) \quad (11)$$

$$\omega_m = \frac{p}{2} \omega_c \quad (12)$$

Tần số cơ liên quan đến tần số điện với số đôi cực của máy phát (rad/s)

$$T_{em} = \frac{p}{2} (\lambda_{sd} i_{sq} - \lambda_{sq} i_{sd}) \quad (13)$$

Với sự liên kết từ thông trong hệ dq ta có phương trình cho mô men đầu ra phụ thuộc vào dòng trục q và liên kết từ thông của nam châm vĩnh cửu:

$$T_{em} = \frac{p}{2} (L_s i_{sd} + \lambda_{fd}) i_{sq} - L_s i_{sq} i_{sd} = \frac{p}{2} \lambda_{fd} i_{sq} \quad (14)$$

Dòng điện trục q thay vào phương trình (13) ta có mô men là lực theo thời gian bán kính của máy điện với biểu thức thể hiện chiều dài của stator (l) trong máy phát điện tuyến tính với khoảng cách điện cực (bước cực) τ , số đôi cực p, trong khi đó chu vi của một máy điện đồng bộ quay được thể hiện trong phương trình: $l = \tau \cdot p_{pha} = 3 \cdot \tau \cdot p$ (15)

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (16)$$

r: Bán kính trung bình của rotor; C: Chu vi máy điện quay; l: Chiều dài stator máy điện tuyến tính; τ : Bước cực; p: Số cực.

Thế (15) vào (16) với độ dài và chu vi bằng nhau ta có: $r = \frac{3 \cdot \tau \cdot p}{2 \cdot \pi}$ (17)

Ta xét máy điện có 1 cặp cực thì bán kính của máy: $r = \frac{3 \cdot \tau}{\pi}$ (18)

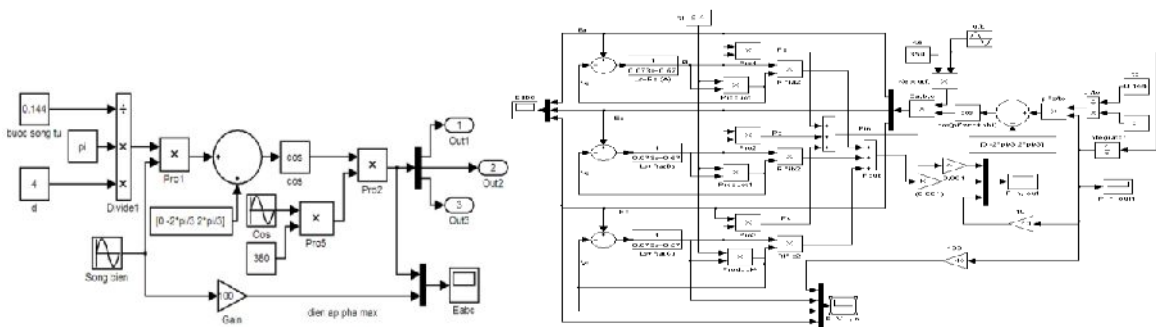
Khi đó mô men tương đương với: $T_{em} = \lambda_{fd} i_{sd}$ (19)

Mà mô men thì bằng tích lực hướng tâm và bán kính, nên:

$$F = \frac{T_{em}}{r} = \frac{\pi}{3 \cdot \tau} \lambda_{fd} i_{sd} \quad (20)$$

Năng lượng đầu ra của máy điện tuyến tính đồng bộ có nhiều cặp cực sẽ tăng tỉ lệ với số lượng cặp cực, ta có phương trình chung cho lực đầu ra là: $F = \frac{p \cdot \pi}{6 \cdot \tau} \lambda_{fd} i_{sd}$ (21)

2.2. Mô hình simulink máy phát điện xoay chiều tuyến tính

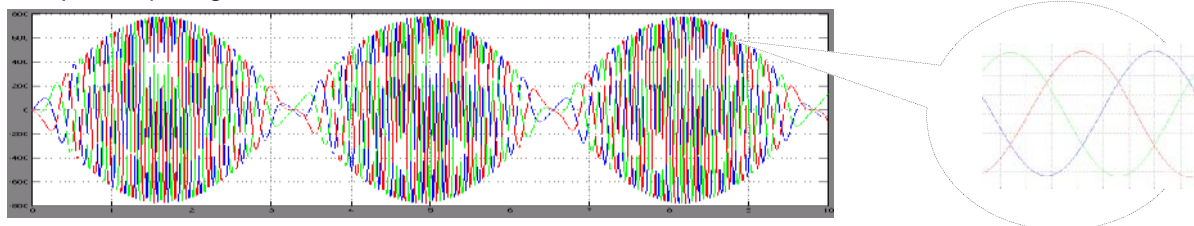


Hình 3. Mô hình simulink máy phát xoay chiều tuyến tính: a, khi không tải; b, khi có tải

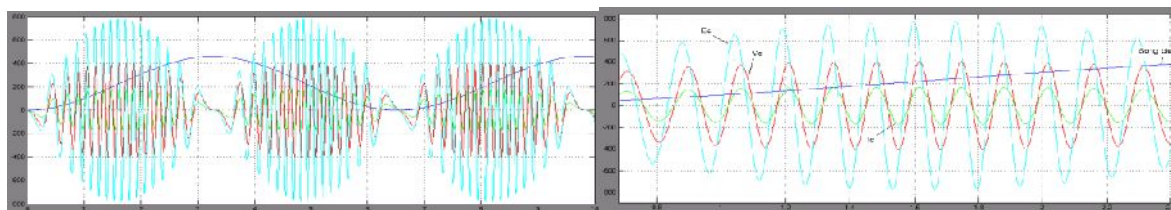
Từ mô hình toán ở trên ta xây dựng được mô hình simulink (hình 3) cho máy phát điện xoay chiều tuyến tính, với nguồn sóng là lý tưởng có tần số ổn định $u(t) = 2,2 \cdot \sin(0,96 \cdot t)$.

Mẫu máy điện tuyến tính mô phỏng có thông số là: $Y(t) = 4,6 \cdot \cos(0,96 \cdot t)$; $d = 4,6 \text{ m}$; $\lambda = 0,144 \text{ m}$; Chu kỳ sóng $T = 6,54 \text{ s}$; Vận tốc chuyển động lên, xuống của phao máy phát $V = 2,2 \text{ m/s}$; Tần số góc $\omega = 0,96 \text{ rad/s}$; Điện áp định mức với vận tốc 1 m/s là $U_{ph} = 354 \text{ V}$; Công suất máy phát $P = 25 \text{ KW}$,...

Kết quả mô phỏng:



Hình 4. Eabc đầu ra máy phát tuyến tính



Hình 5. Sức điện động, điện áp, dòng điện máy phát tuyến tính

Nhận xét: Mô phỏng đặc tính sức điện động, điện áp, dòng điện máy phát tuyến tính 3 pha có tính khả thi với giả thiết sóng biển là sóng đều, dao động điều hoà dạng sin thì sức điện động (hình 4), điện áp, dòng điện sinh ra từ máy phát cũng dao động với biên độ $E_c = 777V$, $V_c = 407V$, $I_c = 169A$; với tải $R=2,4\Omega$ (hình 5). Khi sóng lên xuống thì giá trị điện áp và dòng điện tăng từ 0 cho đến giá trị áp, dòng cực đại rồi giảm dần về 0 theo chu kỳ sóng.

3. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu được mô hình toán máy phát điện xoay chiều tuyến tính, từ đó xây dựng được mô hình simulink với kết quả mô phỏng: các đặc tính sức điện động, điện áp, dòng tải máy phát tuyến tính sinh ra có dạng sóng sin với biên độ thay đổi theo hàm sin của vận tốc dịch chuyển giữa stator và translator, nguồn điện này có thể sử dụng cấp cho các hệ thống tích lũy năng lượng (ác quy) sau đó nghịch lưu thành nguồn AC có tần số, điện áp bằng tần số, điện áp định mức theo yêu cầu. Nhưng để nguồn điện lấy được từ sóng biển ngẫu nhiên trong thực tế thì cần đưa các giải pháp về cơ học cũng như kỹ thuật, khi đó đặc tính kỹ thuật cũng như yêu cầu về chất lượng điện năng được cung cấp sẽ liên tục và ổn định (tác giả xin giới thiệu trong số báo tới).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Polinder, M.A. Mueller, M. Scutto and M. Goden de Sousa Prado (2007) "Linear generator systems for wave energy conversion", Proceedings of the 7th European Wave and Tidal Energy Conference, Porto, Portugal
- [2] Ion Boldea "Linear electric actuators and generators", Polytechnic Institute, Timisoara, Romania, Syed A. Nasar, University of Kentucky
- [3] Tarek Ahmedy, "Electrical Technologies for Grid Integration of Ocean Wave Power into the UK National Grid", Dept of Renewable Energy, University of Exeter, United Kingdom, 2010.

Người phản biện: PGS. TS. Trần Anh Dũng