

NGHIÊN CỨU VÀ THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ PHÁT ĐIỆN TỪ NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN

Nguyễn Đông Anh, Nguyễn Văn Hải*

Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*E-mail: nguyenvanhai1977@gmail.com

Ngày nhận bài: 20-9-2016

TÓM TẮT: Bài viết đưa ra các kết quả bước đầu đạt được trong nghiên cứu và thử nghiệm thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển. Trên cơ sở các kết quả phân tích, tính toán động lực học và mô phỏng số sự hoạt động của thiết bị, thiết bị phát điện được chế tạo hoạt động theo phương thẳng đứng của sóng biển, phao của thiết bị thả nổi trên mặt biển để truyền năng lượng sóng biển đến máy phát điện được gắn cố định ở đáy biển. Kết quả thử nghiệm ở biển nhận được với công suất điện thiết bị phát ra hoạt động ổn định đạt đến 200 W, điện áp phát ra 220 VAC tần số 50 Hz thực sine. Các kết quả nghiên cứu cho thấy thiết bị hoàn toàn phù hợp với các điều kiện thực tế biển Việt Nam.

Từ khóa: Năng lượng sóng biển, thiết bị phát điện, công suất phát điện.

MỞ ĐẦU

Theo tính toán của các nhà khoa học với tốc độ sử dụng năng lượng như hiện nay nhiên liệu hóa thạch sẽ cạn kiệt trong vòng 50 năm tới. Việc tìm kiếm nguồn năng lượng thay thế là nhu cầu thiết yếu. Đối với Việt Nam, mục tiêu đến năm 2020 cơ bản trở thành một nước công nghiệp, trong đó kinh tế biển chiếm trên 50% GDP. Do vậy, nguồn năng lượng để cung cấp cho nền kinh tế nói chung và kinh tế biển nói riêng là rất quan trọng, đặc biệt điện năng phục vụ an ninh quốc phòng trên biển (nguồn điện sử dụng trên các nhà dàn DKI, các ngọn đèn Hải đăng và làm phao báo chỉ dẫn đường biển,...) là nhiệm vụ cấp bách, trong khi điện lưới quốc gia chưa thể vươn tới. Do vậy, nghiên cứu, chế tạo thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển là lựa chọn tốt, nhằm đáp ứng một số nhu cầu cần thiết về sử dụng điện năng ngoài biển đảo.

Ngoài ra, việc khai thác chuyển đổi từ năng lượng sóng biển sang điện năng là nguồn năng

lượng sạch gần như vô tận, thân thiện với môi trường và được đánh giá là nguồn năng lượng quan trọng của thế giới cũng như Việt Nam trong tương lai.

PHÂN TÍCH XÂY DỰNG MÔ HÌNH THIẾT BỊ

Trên thế giới việc nghiên cứu, chế tạo thiết bị phát điện từ nguồn năng lượng sóng biển đã đem lại một nguồn điện năng cần thiết, đáp ứng một phần nhu cầu thiết yếu của xã hội. Hiện nay, các thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển đã và đang được nghiên cứu xây dựng ở nhiều nước như: Anh, Bồ Đào Nha, Đan Mạch, Hàn Quốc, Mỹ, Nhật Bản, Tây Ban Nha, Thụy Điển, Trung Quốc, Úc, Ý,... Các thiết bị được chế tạo chủ yếu theo mô hình nổi trên mặt biển hoặc lắp đặt cố định ở đáy biển [1-10].

Tại Việt Nam một số đơn vị đã và đang tiến hành nghiên cứu chế tạo thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển như: Viện nghiên cứu Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Quốc gia Hà Nội. Các mô hình thiết bị đang được

nghiên cứu đều theo hướng hoạt động nổi trên mặt biển [11-13].

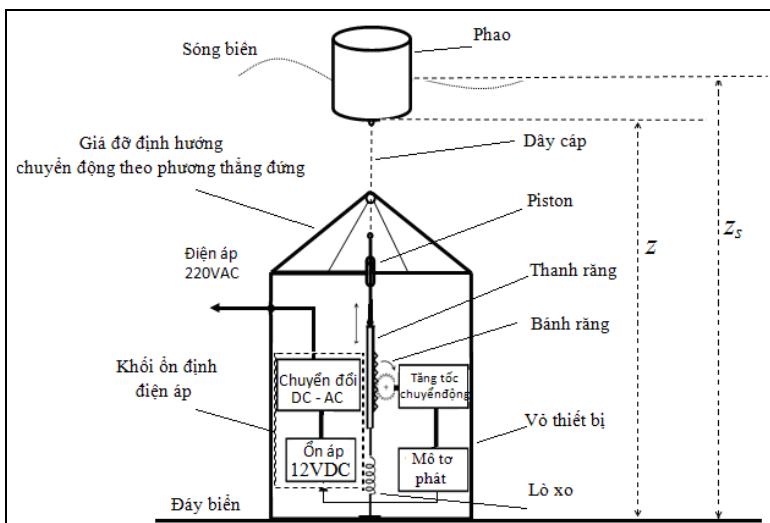
Qua các số liệu quan trắc, Việt Nam trung bình mỗi năm hứng chịu khoảng 10 cơn bão, là mối gây nguy hại trực tiếp cho các thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển hoạt động nổi trên mặt biển. Các số liệu khảo sát cho thấy độ cao sóng biển ở ven bờ từ 0,6 - 1,2 m với chu kỳ sóng 2 - 8 giây, ngoài khơi độ cao sóng từ 1,2 - 2 m với chu kỳ sóng 6 - 8 giây. Đặc biệt khi biển động độ cao sóng ven bờ đạt từ 3,5 - 5 m, ngoài khơi đạt từ 6 - 9 m. Mặt khác, trên cơ sở hợp tác cùng Trung tâm Ứng dụng tiến bộ khoa học và công nghệ thành phố Hải Phòng, thuộc Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hải Phòng, chúng tôi lựa chọn khu vực biển Hòn Dấu, do có mật độ năng lượng sóng lớn và ổn định trong năm, chu kỳ sóng biển ổn định trong khoảng 3,5 - 5 giây và độ cao sóng đạt 0,8 - 1,2 m, làm cơ sở để xây dựng mô hình và khai thác sử dụng thiết bị khi hoàn thiện [11, 14-15].

Ngoài ra, để giảm thiểu ảnh hưởng do tác động của tự nhiên đối với thiết bị phát điện hoạt động ở biển, trong nghiên cứu đã lựa chọn xây dựng mô hình thiết bị phát điện khi hoạt động được lắp đặt cố định ở đáy biển. Thiết bị

hoạt động theo phương thẳng đứng của sóng biển với công suất vừa và nhỏ, trong đó phao của thiết bị được thả nổi trên mặt biển. Khi sóng biển tác động lên phao, phao sẽ dao động và truyền năng lượng đến thiết bị phát điện được gắn cố định ở đáy biển qua dây cáp định hướng theo phương thẳng đứng [16]. Mô hình thiết bị phát điện có ưu điểm phân phát điện của thiết bị nằm ở đáy biển sẽ không bị ảnh hưởng bởi sóng và bão biển tác động.

TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC MÔ HÌNH THIẾT BỊ PHÁT ĐIỆN TỪ NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN

Mô hình thiết bị phát điện được xây dựng để mô tả sự chuyển đổi năng lượng sóng biển nhận được từ phao và truyền đến mô tơ phát điện của thiết bị. Cơ cấu bộ phận chính trong thiết bị gồm phao dạng trụ tròn, dây cáp, cơ cấu piston ghép nối thanh răng, bộ tăng tốc chuyển động quay một đầu ghép nối với thanh răng và đầu còn lại ghép nối với mô tơ phát điện của thiết bị, mô tơ phát điện, các khối board mạch ổn định điện áp và chuyển đổi điện áp DC-AC cấp ra điện áp 220 VAC tần số 50 Hz thực sine. Sơ đồ cấu trúc thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển được đưa ra ở hình 1 có dạng sau.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý mô hình thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển

Phương trình chuyển động của mô hình thiết bị được thiết lập quy về một vật là phao và thanh răng piston chuyển động theo phương thẳng đứng z có dạng như sau [4-5]:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = \rho g S_b (z_s - z) - mg - \gamma \frac{dz}{dt} - k_s (z - z_0) \quad (1)$$

Các thành phần trong phương trình (1) gồm:

m là khối lượng phao và thanh răng piston; lực acsimet tác dụng lên phao $\rho g S_b(z_s - z)$ với ρ là khối lượng riêng nước biển, g là gia tốc rơi tự do, thiết diện phao $S_b = \pi a^2$ với a là bán kính, z_s là khoảng cách từ đáy biển đến bề mặt sóng biển, z là dao động của phao và thanh răng piston (là khoảng cách từ đáy biển đến đáy phao); mg là trọng lực của phao và thanh răng piston; lực cản $\gamma \frac{dz}{dt}$ với γ là hệ số cản; lực đàn

hồi của lò xo $k_s(z - z_o)$ với k_s là hệ số đàn hồi của lò xo, z_o là khoảng cách từ đáy biển đến đáy phao khi mặt biển tĩnh và lò xo ở trạng thái không biến dạng.

Hàm sóng tác động lên phao theo phương thẳng đứng z được xét dưới dạng:

$$z_s = H \sin(\omega t) + z_o \quad (2)$$

Với: H là biên độ sóng biển, ω là tần số góc của sóng biển.

Trong đó hệ số cản γ gồm các thành phần:

$$\gamma = \gamma_f + \gamma_{em} \quad (3)$$

Với: γ_f là hệ số cản nhớt của nước biển, γ_{em} là hệ số cản điện.

Nghiệm của phương trình (1) tìm được ở dạng sau: $z = A + B \cos(\omega t) + C \sin(\omega t)$ (4)

Tính \ddot{z} và \dot{z} , kết hợp với công thức (2), công thức (4) thay vào phương trình (1) và đồng nhất hóa các hệ số tự do $\sin(\omega t)$, $\cos(\omega t)$ ta được:

$$\begin{cases} Ak_s + \rho g S_b A = k_s z_o - mg + \rho g S_b z_o \\ -m\omega^2 B + \gamma\omega C + k_s B + \rho g S_b B = 0 \\ -m\omega^2 C - \gamma\omega B + k_s C + \rho g S_b C = \rho g S_b H \end{cases} \quad (5)$$

Giải hệ phương trình (5) ta thu được:

$$A = \frac{k_s z_o - mg + \rho g S_b z_o}{k_s + \rho g S_b} \quad (6a)$$

$$B = \frac{-\gamma\omega \rho g S_b H}{(k_s + \rho g S_b - m\omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2}; \quad (6b)$$

$$C = \frac{\rho g S_b H (k_s + \rho g S_b - m\omega^2)}{(k_s + \rho g S_b - m\omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2}$$

Thay các công thức (6a) và (6b) vào công thức (4) ta được:

$$z = \frac{k_s z_o - mg + \rho g S_b z_o}{k_s + \rho g S_b} + \chi \sin(\omega t + \varphi_o) \quad (7)$$

Trong đó độ lệch pha φ_o được xác định:

$$\tan \varphi_o = -\frac{\gamma\omega}{k_s + \rho g S_b - m\omega^2} \quad (8)$$

Biên độ dao động χ được xác định bởi:

$$\chi = \sqrt{B^2 + C^2} \quad (9)$$

Thay công thức (6b) vào công thức (9) ta được:

$$\chi = \frac{\rho g S_b H}{\sqrt{(k_s + \rho g S_b - m\omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2}} \quad (10)$$

Công suất cơ hệ P_{gm} của thiết bị được xác định [1]:

$$P_{gm} = \frac{1}{T} \int_0^T \gamma \dot{z}^2 dt \quad (11)$$

Trong đó: T là chu kỳ của sóng biển và \dot{z} được tính từ công thức (4).

Thực hiện tính toán ta được:

$$P_{gm} = \frac{\omega}{2} \gamma \chi^2 \quad (12)$$

Theo các tài liệu [1, 4-5, 17-18], hệ số cản nhớt γ_f của nước biển là rất nhỏ so với hệ số cản điện γ_{em} (gồm điện trở nội của mô tơ phát và điện trở tải ngoài khi thiết bị phát điện nối tải hoạt động thử nghiệm) nên có thể bỏ qua. Từ đó công suất cơ hệ P_{gm} được tính dưới dạng:

$$P_{gm} = \frac{\omega}{2} \gamma_{em} \chi^2 \quad (13)$$

Do đặc trưng trong thiết kế thiết bị phát điện, tốc độ chuyển động quay ω_{gm} nhận được từ thanh răng piston chuyển động theo phương thẳng đứng z truyền đến mô tơ phát điện được xác định bởi:

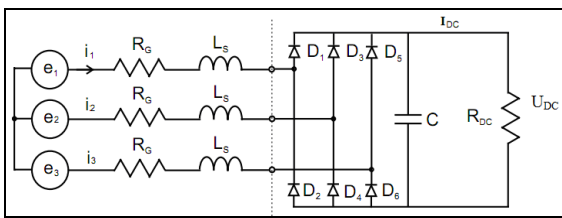
$$\omega_{gm} = \frac{2L}{\pi DT}$$

$$\omega_{gm} = \frac{L\omega}{\pi^2 D} \quad (14)$$

Với: L là chiều dài thanh răng, D là đường kính bánh răng, T là chu kỳ sóng biển, ω_{gm} là tốc độ chuyển động quay của bánh răng nhận được tại thanh răng.

XÂY DỰNG SƠ ĐỒ ĐIỆN MÔ TƠ PHÁT ĐIỆN

Trong mục này, chúng tôi xây dựng sơ đồ điện về mô tơ phát điện để xác định mối liên hệ giữa sóng biển và công suất điện phát ra khi thiết bị hoạt động. Các kết quả tính toán với công suất cơ hệ P_{gm} nhận được từ sóng biển, được truyền đến mô tơ phát điện luôn phụ thuộc vào chu kỳ và biên độ sóng biển (xem sơ đồ nguyên lý mô hình thiết bị hình 1, đồ thị công suất thiết bị nhận được hình 5). Để điện năng phát ra được lớn nhất và phù hợp với mô hình thiết bị chế tạo, chúng tôi lựa chọn mô tơ phát điện loại 3 pha kết hợp cầu chuyển đổi điện áp 3 pha AC-DC, với sơ đồ nguyên lý được đưa ra ở hình 2. Trong đó: e_1, e_2, e_3 là các suất điện động pha; i_1, i_2, i_3 là các cường độ dòng điện pha; R_G là điện trở nội của mô tơ phát; L_S là độ tự cảm của cuộn dây; $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$ là các diodes chỉnh lưu dòng điện 3 pha sang điện áp một chiều; I_{DC} là cường độ dòng điện một chiều; C là tụ ổn áp; U_{DC} là điện áp một chiều phát ra; R_{DC} là điện trở tải ngoài.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý mô tơ phát điện 3 pha và cầu chuyển đổi điện áp 3 pha AC-DC

Công suất điện phát ra từ mô tơ được xác định theo công thức:

$$P = I_{DC} U_{DC} \quad (15)$$

Với: $I_{DC} = \frac{U_{DC}}{R_i + R_{DC}} \quad (16)$

Trong đó: P là công suất phát điện, R_i là điện trở nội trên dây và diodes.

Trong mô hình thiết bị chế tạo, chúng tôi sử dụng mô tơ phát điện 3 pha với công suất phát đạt đến 1.500 W, được xác định bởi điện áp và cường độ dòng điện phát ra theo tốc độ chuyển động quay, kết hợp đồng bộ với bộ chuyển đổi điện áp xoay chiều 3 pha sang điện áp một chiều và ổn định điện áp tại 12 VDC được nhập trực tiếp từ Mỹ. Bộ chuyển đổi DC-AC được chế tạo để chuyển đổi điện áp 12 VDC sang điện áp 220 VAC tần số 50 Hz thực sine, với công suất hoạt động ổn định đạt 1.500 W [19].

Mối liên hệ giữa công suất cơ hệ P_{gm} nhận được từ năng lượng sóng biển và công suất điện phát ra của thiết bị được xác định:

$$P = \eta P_{gm} \quad (17)$$

Với η là hệ số hao phí trong chuyển đổi cơ điện, hệ số hao phí này sẽ được đề cập trong bài toán khác.

TÍNH TOÁN SỐ SỰ HOẠT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ

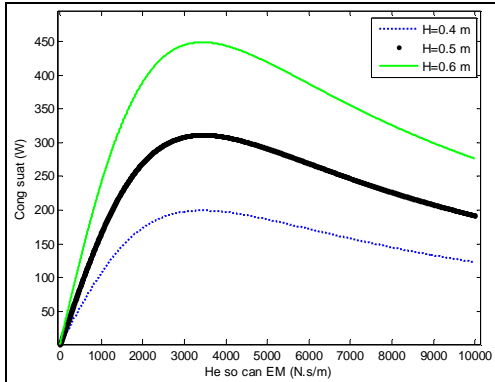
Các thông số cơ hệ được thiết lập trong tính toán mô phỏng số: $\rho = 1.020 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $m = 27 \text{ kg}$; $a = 0,4 \text{ m}$; $k_s = 100 \text{ N/m}$; $z_o = 5,5 \text{ m}$.

Khảo sát công suất cơ hệ P_{gm} theo hệ số cản điện γ_{em}

Hình 3 đưa ra sự phụ giữa công suất cơ hệ P_{gm} theo hệ số cản điện γ_{em} tại tần số góc của sóng biển $\omega = 1,472 \text{ rad/s}$ (từ số liệu đo thử nghiệm nhận được ở mục “Phân tích các thông số về sóng biển thử nghiệm”) và biên độ sóng biển $H_1 = 0,4 \text{ m}$, $H_2 = 0,5 \text{ m}$, $H_3 = 0,6 \text{ m}$.

Từ đồ thị trên ta thấy công suất cơ hệ P_{gm} nhận được phụ thuộc vào biên độ của sóng biển và hệ số cản điện γ_{em} . Công suất P_{gm} lớn nhất nhận được tương ứng $\gamma_{em} = 3.400 \text{ Ns/m}$. Ngoài ra, từ đồ thị cho ta xác định được công suất điện phát ra của thiết bị theo hệ số cản điện, tương ứng với từng loại mô tơ phát điện khi hoạt động. Mặt khác từ công thức (13) kết hợp công thức (10) với các giá trị chu kỳ và biên độ sóng biển có được từ quan trắc, cho phép ta điều chỉnh các thông số mô hình và lựa chọn

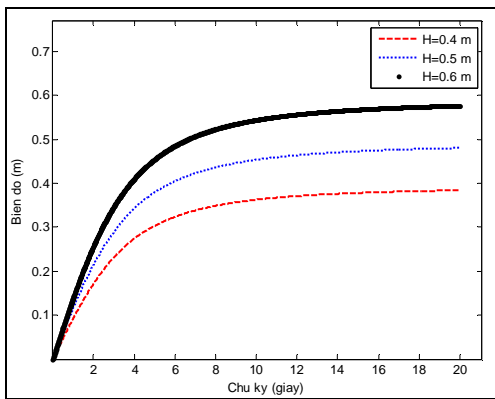
mô tơ phát điện phù hợp, nhằm đảm bảo công suất điện phát ra được lớn nhất khi thiết bị hoạt động trên các vùng biển với các điều kiện sóng biển khác nhau.



Hình 3. Đồ thị công suất thiết bị thu được theo hệ số cản

Khảo sát biên độ dao động χ của hệ theo chu kỳ sóng biển

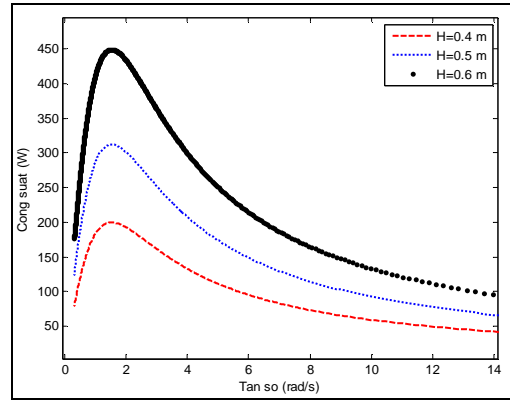
Hình 4 đưa ra sự phụ thuộc giữa biên độ dao động χ theo chu kỳ sóng biển trong các trường hợp biên độ sóng biển $H_1 = 0,4$ m, $H_2 = 0,5$ m, $H_3 = 0,6$ m và $\gamma_{em} = 3.400$ Ns/m.



Hình 4. Đồ thị biên độ dao động của hệ theo chu kỳ sóng

Từ kết quả đồ thị cho ta xác định giá trị biên độ dao động χ của hệ theo chu kỳ sóng biển, tương ứng với các biên độ sóng biển khi thiết bị hoạt động. Khi chu kỳ sóng biển càng lớn hệ dao động tiến tới ổn định, biên độ dao động của hệ sẽ xấp xỉ biên độ của sóng biển, điều này có thể nhận thấy từ công thức [10].

Khảo sát công suất cơ hệ P_{gm} thiết bị nhận được từ năng lượng sóng biển theo tần số góc tại các trường hợp biên độ sóng $H_1 = 0,4$ m, $H_2 = 0,5$ m, $H_3 = 0,6$ m và $\gamma_{em} = 3.400$ Ns/m với giá trị nhận được ở đồ thị hình 5.



Hình 5. Đồ thị công suất thiết bị nhận được theo tần số góc của sóng biển

Ta thấy công suất cơ hệ P_{gm} của thiết bị nhận được càng tăng khi biên độ sóng biển lớn và đạt giá trị lớn nhất tại tần số $\omega = 1,503$ rad/s, với các giá trị được đưa ra ở bảng 1. Giá trị tần số góc $\omega = 1,503$ rad/s của hệ rất gần vùng tần số góc của sóng biển đo thực nghiệm $\omega = 1,472$ rad/s, do vậy thiết bị hoạt động với công suất điện phát ra đạt lớn nhất. Trong các trường hợp khác thiết bị hoạt động với sóng biển có tần số góc càng xa $\omega = 1,472$ rad/s, thì công suất hệ nhận được sẽ giảm đi.

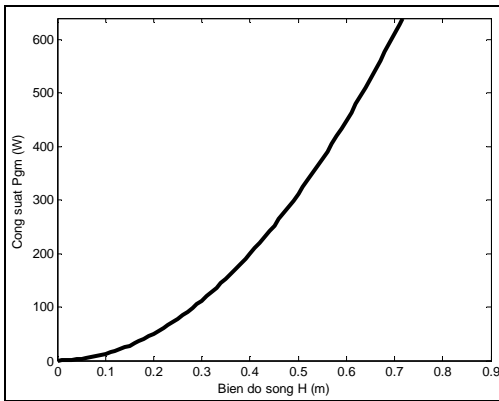
Bảng 1. Công suất lớn nhất P_{gm} nhận được theo biên độ sóng biển

STT	Biên độ sóng H (m)	Công suất cơ hệ P_{gm} (W)
1	0,4	199,6
2	0,5	311,9
3	0,6	449,2

Khảo sát công suất cơ hệ P_{gm} theo biên độ sóng biển H tại tần số góc $\omega = 1,472$ rad/s và $\gamma_{em} = 3.400$ Ns/m

Hình 6 cho ta xác định giá trị công suất P_{gm} theo biên độ sóng biển H tác dụng lên thiết bị khi hoạt động.

Nghiên cứu và thử nghiệm thiết bị phát điện...



Hình 6. Đồ thị công suất thiết bị nhận được theo biên độ sóng

Từ đồ thị trên ta thấy công suất cơ hệ P_{gm} của thiết bị nhận được càng tăng khi biên độ sóng biển lớn. Ngoài các thành phần đã xét ở

phương trình (1), ta thấy còn các yếu tố khác tác động lên hệ khi hoạt động, các thành phần này sẽ được đề cập đến trong bài toán khác.

KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ TRÊN BIỂN

Thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển được thử nghiệm ở biển ngày 14/8/2016, thời gian thiết bị hoạt động từ 9 h 30' - 15 h, điều kiện sóng biển có biên độ từ 0,4 - 0,5 m (số liệu quan trắc từ trạm khí tượng thủy văn Hòn Dấu, Hải Phòng). Địa điểm thử nghiệm tại khu vực ngoài khơi biển Hòn Dấu, Hải Phòng (cách ngọn hải đăng Hòn Dấu khoảng 1,7 hải lý). Hình 7 là công tác chuẩn bị và vận chuyển thiết bị ra biển, tác nghiệp thử nghiệm ở biển trên tàu HQ1788-Hòn Dấu 1 tải trọng 100 tấn, để tiến hành khảo sát đo, lưu trữ và phân tích số liệu về sự hoạt động của thiết bị chế tạo.



a. Lắp thiết bị trên cảng



b. Vận chuyển thiết bị ra biển thử nghiệm



c. Tàu rời cảng đi thử nghiệm



c. Hạ thiết bị xuống biển thử nghiệm

Hình 7. Vận chuyển thiết bị trên tàu HQ1788 và tác nghiệp thử nghiệm ở biển

Hình 8 đưa ra cấu trúc thiết bị được chế tạo dạng trụ tròn, khi hoạt động được gắn cố định ở đáy biển và hoạt động theo phương thẳng đứng

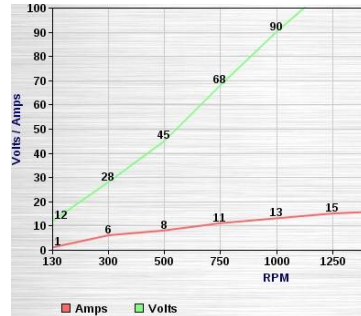
của sóng biển, với các thông số chế tạo: Trọng lượng 80 kg, tổng chiều cao 1,5 m, đường kính trụ 0,5 m và chiều cao trụ 0,75 m, chiều cao

khung giá đỡ 0,75 m để định hướng dây cáp chuyên động theo phương thẳng đứng, phao có

bán kính 0,4 m và chiều cao 0,42 m.



a. Mô hình thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển



b. Đồ thị điện áp và cường độ dòng điện của mô tơ phát điện theo tốc độ chuyển động quay

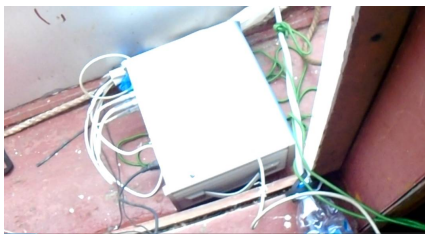
Hình 8. Kiểm tra sự hoạt động của thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển tại phòng thí nghiệm

Trên hình 8a là mô hình thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển đang kiểm tra, phân tích và đánh giá sự hoạt động của thiết bị tại phòng thí nghiệm trước khi thử nghiệm ở biển. Hình 8b là đồ thị về điện áp và cường độ dòng điện của mô tơ phát điện theo tốc độ chuyển động quay, cho phép xác định công suất điện phát ra của thiết bị.

điện được kéo dẫn từ thiết bị ở đáy biển lên tàu HQ1788 để thử tải và đánh giá công suất, chất lượng điện áp của thiết bị phát ra. Trong đó nguồn điện do thiết bị phát ra được cấp để thiết bị đo DASIM hoạt động trong toàn bộ quá trình đo, phân tích chu kỳ sóng biển và áp suất bởi sensor Futek được gắn trên phao thiết bị khi hoạt động.

Thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển được chế tạo với phần phát điện gắn cố định ở đáy biển, phao thả nổi trên mặt biển, dây cáp

Phân tích các thông số về sóng biển thử nghiệm



a. Thiết bị đo DASIM đo số liệu trên tàu HQ1788



b. Mặt trước thiết bị đo



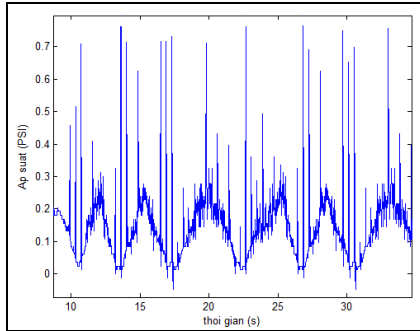
c. Phao thiết bị phát điện



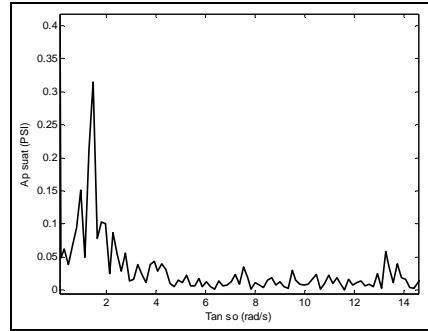
d. Đo xác định chu kỳ sóng biển

Hình 9. Thiết bị đo DASIM ghép nối máy tính để đo và phân tích dữ liệu về sóng biển tác dụng lên phao của thiết bị thử nghiệm ở biển trên tàu HQ1788

Hình 9 là thiết bị đo DASIM của Đức kết nối sensor Futek của Mỹ được gắn trên phao thiết bị để đo số liệu, phân tích xác định chu kỳ sóng biển và áp suất sóng biển tác dụng lên phao khi thiết bị đang thử nghiệm ở biển.



a. Đồ thị xác định chu kỳ sóng, áp suất theo thời gian



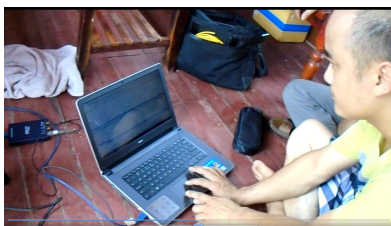
b. Đồ thị phổ áp suất theo tần số góc của sóng biển

Hình 10. Đồ thị dạng sóng đo thực nghiệm ở biển từ sensor Futek

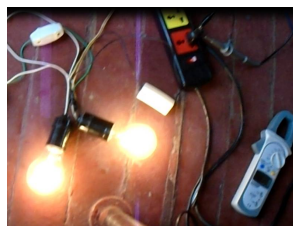
Từ các kết quả nhận được cho thấy chu kỳ của sóng biển tác dụng lên thiết bị trong thời gian thử nghiệm ở biển thay đổi trong khoảng 4,0 - 5,2 giây, trong đó tần suất sóng biển xuất hiện nhiều và liên tục tại chu kỳ 4,26 giây tương ứng tần số góc của sóng biển 1,472 rad/s. Áp suất do sóng biển tác động lên phao trung bình ở mức 0,31 psi (tương ứng 0,021 atm) và đạt giá trị lớn nhất 0,74 psi (tương ứng 0,05 atm), giá trị áp suất nhận được này sẽ được chúng tôi sử dụng trong bài toán khác để xác định về vật liệu vỏ thiết bị.

Thử nghiệm công suất điện phát ra

Các thiết bị sử dụng trong kiểm tra, phân tích đánh giá về công suất và chất lượng điện áp do thiết bị phát ra được đo và phân tích bởi thiết bị đo PicoScope USB oscilloscope 2204A kết nối máy tính của Anh sản xuất, đồng hồ đo cường độ dòng điện chuyên dụng Gwinstek Digital clamp meter của Đài Loan và Kyoritsu Digital clamp meter của Nhật Bản, đồng hồ đo điện áp Sanwa CD800a của Nhật Bản. Hình 11 cho thấy công tác đo thử nghiệm trên tàu HQ1788 ở biển để đo, lưu trữ và phân tích chất lượng điện áp khi thử tải công suất do thiết bị phát ra.



a. Đo và phân tích điện áp



b. Thử tải công suất thiết bị phát ra



c. Dạng sóng điện áp phát ra 220 VAC tần số 50 Hz

Hình 11. Đo, lưu trữ và phân tích điện áp bởi thiết bị đo PicoScope USB oscilloscope 2204A kết nối máy tính thử nghiệm ở biển trên tàu HQ1788

Bảng 2 đưa ra một số kết quả thử nghiệm thiết bị phát điện ở biển về công suất, điện áp và cường độ dòng điện, cũng như dạng sóng điện áp phát ra bước đầu đã đạt được là khả

quan. Thiết bị phát điện có thể đáp ứng được trong các nhu cầu sử dụng điện với công suất nhỏ như làm phao luồng chỉ dẫn đường biển, làm nguồn cấp điện cho các đèn hải đăng.

Bảng 2. Một số kết quả thử nghiệm nhận được về công suất thử tải điện áp do thiết bị phát ra, đánh giá chuyển đổi DC-AC từ điện áp 12 VDC sang 220 VAC của thiết bị ở biển

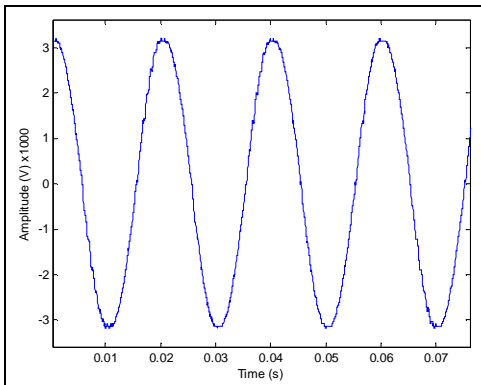
STT	Tải thử P (W)	Điện áp U_{DC} (VDC)	Cường độ dòng điện I_{DC} (A)	Điện áp U_{AC} (VAC)	Cường độ dòng điện I_{AC} (A)	Hiệu suất η (%)
1	100	12	9,92	224	0,45	84,67
2	140	12	13,47	223	0,61	84,15
3	200	12	20,33	223	0,92	84,09

Với U_{DC} và I_{DC} là điện áp, cường độ dòng điện nhận được tại đầu ra từ bộ chuyển đổi điện áp xoay chiều 3 pha sang điện áp một chiều và ổn định điện áp tại 12 VDC. Điện áp U_{AC} và cường độ dòng điện I_{AC} nhận được tại đầu ra của bộ chuyển đổi DC-AC (đầu ra của thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển).

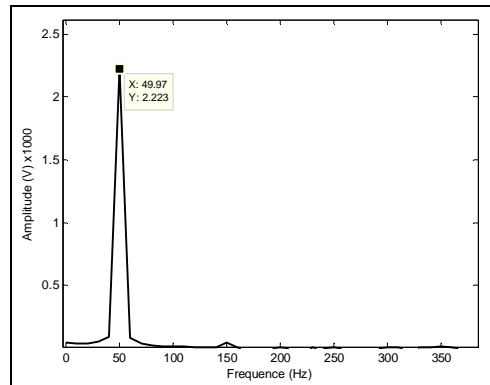
Hiệu suất chuyển đổi điện áp từ 12 VDC sang 220 VAC được xác định:

$$\eta = \frac{84,67 + 84,15 + 84,09}{3} = 84,30\%$$

Hình 12 đưa ra dạng sóng điện áp do thiết bị phát ra được đo, phân tích đánh giá trên phần mềm thiết bị đo Picoscope USB oscilloscope 2204A, cũng như phần mềm phân tích phổ tín hiệu đã cho kết quả về điện áp 220 VAC \pm 1,52% và tần số 50 Hz \pm 0,06%, thiết bị hoạt động ổn định trong suốt thời gian thử nghiệm ở biển.



a. Dạng sóng điện áp phát ra



b. Phổ tần số điện áp phát ra

Hình 12. Đồ thị dạng sóng điện áp do thiết bị phát ra

Từ phổ tín hiệu điện áp hình 12b ta thấy dạng sóng điện áp do thiết bị phát ra chỉ có duy nhất thành phần điện áp 220 VAC tần số 50 Hz thực sine, ngoài ra không có thành phần nhiễu khác.

Đánh giá kết quả thử nghiệm và khả năng ứng dụng

Từ các số liệu về chu kỳ và biên độ sóng biển nhận được, các kết quả tính toán số trên bảng 1 và đồ thị hình 5, hình 6 và các kết quả thử nghiệm nhận được ở bảng 2, điện năng do thiết bị phát ra được chạy thử tải 200 W hoạt động ổn định trong suốt thời gian thử nghiệm ở biển. Chúng tôi nhận thấy mô hình thiết bị được thiết lập và xây dựng là hợp lý, cũng như

phù hợp với khả năng gia công chế tạo thiết bị trong nước hiện nay.

Trên cơ sở các kết quả thử nghiệm ở biển nhận được, thiết bị phát ra điện áp 220 VAC tần số 50 Hz thực sine, với công suất phát điện ổn định đến 200 W, thiết bị hoàn toàn có khả năng triển khai vào thực tế sử dụng. Trong thời gian tới, thiết bị có thể được chuyển giao đến Trung tâm Ứng dụng tiên bộ khoa học và công nghệ thành phố Hải Phòng, thuộc Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hải Phòng sử dụng làm phao báo dẫn đường biển, theo công văn: số 65/TTUDTB-CNMT&NLM, ký ngày 22/5/2015, gửi Viện Cơ học đề nghị hợp tác

triển khai thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển vào hoạt động thực tế tại biển Hải Phòng.

KẾT LUẬN

Bài báo đưa ra một mô hình thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển được chế tạo hoạt động theo phương thẳng đứng của sóng biển, phần phát điện được gắn cố định ở đáy biển sẽ không bị ảnh hưởng bởi sóng và bão biển tác động khi hoạt động. Phao của thiết bị thả nổi trên mặt biển và truyền năng lượng nhận được từ sóng biển đến mô tơ phát điện của thiết bị. Ngoài ra trên mặt phao được gắn đèn báo hiệu, pin năng lượng mặt trời công suất 30 W là nguồn điện phụ đảm bảo đèn báo hiệu luôn hoạt động trong những ngày biển lặng.

Thiết bị phát điện từ năng lượng sóng biển bước đầu đạt được với công suất phát điện ổn định 200 W, điện áp 220 VAC tần số 50 Hz thực sine. Nguồn điện từ thiết bị phát ra có thể đáp ứng được trong các nhu cầu như làm phao báo dẫn đường biển, làm nguồn cấp điện cho các đèn hải đăng hay các mục đích sử dụng điện với công suất nhỏ.

Về vật tư chế tạo thiết bị gồm mô tơ phát điện 3 pha và bộ chuyển đổi điện áp xoay chiều 3 pha sang điện áp một chiều và ổn định điện áp tại 12 VDC phải nhập ngoại, các bộ phận khác còn lại của thiết bị đều được chế tạo từ vật tư trong nước. Khó khăn nhất trong việc chế tạo thiết bị là chế tạo gioăng chống thấm cần đảm bảo tốt cho thiết bị hoạt động trong môi trường biển.

Tiến tới về thiết bị sẽ tiếp tục nghiên cứu cải tiến, tối ưu mô hình thiết bị nhằm nâng công suất điện phát ra để đáp ứng các nhu cầu sử dụng điện năng ngoài biển đảo. Tìm kiếm vật tư chế tạo gioăng phù hợp cho thiết bị, đảm bảo thiết bị hoạt động lâu dài và ổn định ở biển. Đưa thiết bị phát điện vào thực tế sử dụng, làm cơ sở đánh giá độ bền cũng như giá thành và khả năng sử dụng thiết bị khi hoạt động ở biển.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin chân thành cảm ơn những nhận xét và góp ý quý báu từ các phản biện, những nhận xét và góp ý đã giúp chúng tôi hoàn thiện được tốt bài báo khoa học của mình. Các tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí từ Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt

Nam trong khuôn khổ đề tài mã số: VAST01.10/16-17.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Eriksson, M., Isberg, J., and Leijon, M., 2005. Hydrodynamic modelling of a direct drive wave energy converter. *International Journal of Engineering Science*, **43**(17), 1377-1387.
2. Stelzer, M. A., and Joshi, R. P., 2012. Evaluation of wave energy generation from buoy heave response based on linear generator concepts. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, **4**(6), 063137.
3. Drew, B., Plummer, A. R., and Sahinkaya, M. N., 2009. A review of wave energy converter technology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, **223**(8), 887-902.
4. Trapanese, M., 2008. Optimization of a sea wave energy harvesting electromagnetic device. *IEEE Transactions on Magnetics*, **44**(11), 4365-4368.
5. Franzitta, V., Messineo, A., and Trapanese, M., 2011. An Approach to the Conversion of the Power Generated by an Offshore Wind Power Farm Connected into Seawave Power Generator. *The Open Renewable Energy Journal*, **4**, 19-22.
6. Ekström, R., Ekegård, B., and Leijon, M., 2015. Electrical damping of linear generators for wave energy converters—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **42**, 116-128.
7. Zheng, Z. Q., Huang, P., Gao, D. X., and Chang, Z. Y., 2015. Analysis of electromagnetic force of the linear generator in point absorber wave energy converters. *Journal of Marine Science and Technology*, **23**(4), 475-480.
8. Engström, J., Eriksson, M., Isberg, J., and Leijon, M., 2009. Wave energy converter with enhanced amplitude response at frequencies coinciding with Swedish west coast sea states by use of a supplementary submerged body. *Journal of Applied Physics*, **106**(6), 064512.

9. Falcão, A. F., 2014. Modelling of wave energy conversion. *Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa*.
10. Hoang, D. T., Quang, T. Q., Minh, N. T., Cong, P. C., Tri, D. D., Lee, S., Park, H. G., and Ahn, K. K., 2015. Effects of non-vertical linear motions of a hemispherical-float wave energy converter. *Ocean Engineering*, **109**, 430-438.
11. Nguyễn Thế Mịch, Nguyễn Chí Cường, 2014. Nghiên cứu tính toán hệ thống phát điện bằng năng lượng sóng quy mô công suất nhỏ. *Tuyển tập công trình hội nghị cơ học kỹ thuật toàn quốc, Hà Nội*. Tr. 361-366.
12. Ba, D. T., Anh, N. D., and Ngoc, P. V., 2015. Numerical simulation and experimental analysis for a linear trigonal double-face permanent magnet generator used in direct driven wave energy conversion. *Procedia Chemistry*, **14**, 130-137.
13. Dang The Ba, 2003. Numerical simulation of a wave energy converter using linear generator. *Vietnam Journal of Mechanics*, **35**(2), 103-111.
14. Nguyễn Mạnh Hùng, Dương Công Điền và nnk., 2009. Năng lượng sóng biển khu vực Biển Đông và vùng biển Việt Nam. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ*.
15. Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp Nhà nước KHCN (1996-2000), 2003. Biển Đông II Khí tượng thủy văn động lực biển. *Nxb. Đại học Quốc gia Hà Nội*.
16. Nguyen Van Hai, 2013. The study, calculation and simulation of the linear electrical generator from sea wave energy. *The third International Scientific Conference Sustainable Energy Development 2013, Hanoi*, 172-176.
17. Đinh Văn Ưu, Nguyễn Thọ Sáo, Phùng Văn Hiếu, 2006. Thủy Lực Biển. *Nxb. Đại học Quốc gia Hà Nội*.
18. ITTC-Recommended Procedures Freshwater and seawater properties, 2011. 26th ITTC Specialists committee on uncertainly analysis.
19. Nguyễn Văn Hải, 2012. Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị chuyển đổi điện thông minh DC-AC đáp ứng hệ thống thiết bị nạp tích điện năng lượng tái sinh đa năng. *Kỷ yếu Hội thảo Điện tử-Truyền thông-An toàn thông tin ATC/REV 2012, Hà Nội*, 125-129.

THE RESEARCH AND EXPERIMENT OF A LINEAR ELECTRICAL GENERATOR FROM SEA WAVE ENERGY

Nguyễn Đông Anh, Nguyễn Văn Hải

Institute of Mechanics, VAST

ABSTRACT: This paper presents some results of research and experiment of a linear electrical generator from sea wave energy. On the basis of the results of analysis, dynamic calculation and simulation of the operation the device works in the vertical direction of sea waves and is fixed on the sea floor, the buoy of device floats on the surface of sea and transfers the energy of sea waves to the electrical generator. The output power of the device is operated stably at 200 W during experiment at the sea, the output voltage is at 220 VAC with frequency of 50 Hz and is a pure sine wave. These results show that the device is completely reasonable with conditions in Vietnam's sea.

Keywords: Sea wave energy, electrical generator, power of the linear electrical generator.