

NGHIÊN CỨU THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN THÀNH NĂNG LƯỢNG ĐIỆN DẠNG PHAO NỔI

ThS. Phùng Văn Ngọc

Viện Khoa học thủy lợi Miền Trung và Tây nguyên

GS.TS Nguyễn Thế Mịch, TS. Lê Vĩnh Căn

Trường Đại học Bách khoa Hà nội

ThS. Đoàn Thị Vân

Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu các kết quả nghiên cứu thiết bị biến đổi năng lượng sóng biển thành điện năng sử dụng nguyên lý phao nổi. Các kết quả phân tích và tính toán cho thấy tiềm năng của năng lượng sóng biển Việt Nam đặc biệt là khu vực từ Bình Thuận tới Cà Mau là rất lớn. Bài báo cũng đưa ra một số kết quả tính toán cho thiết bị biến đổi năng lượng sóng biển áp dụng cho vùng có mức năng lượng lớn.

Summary: This paper presents a study of wave energy converters devices wave energy to electrical energy floats form. Besides, studies, analyzes and calculations which converts wave energy. The research results show the potential of wave energy especially Vietnam Binh Thuan region from the Ca Mau. Giving some calculation results for energy conversion devices waves are applied to the energy level high

Keyword: wave energy converters devices; floats form; electrical energy; active and reactive power control; wave energy.

I. MỞ ĐẦU

Việt Nam là một trong những nước có nguồn tài nguyên năng lượng tái tạo khá dồi dào và đa dạng bao gồm: Năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng sóng biển, nhiên liệu sinh học và địa nhiệt... được phân bố từ Bắc tới Nam. Ngày nay, do nhu cầu sử dụng năng lượng đang ngày càng cao ở Việt Nam nên việc sớm khai thác các nguồn năng lượng đó là rất cần thiết không những có thể thay thế các nguồn năng lượng truyền thống đang dần cạn kiệt mà còn có ý nghĩa to lớn trong việc bảo vệ môi trường và phát triển bền vững. Việt Nam có hơn 3260km bờ biển, sóng biển trung bình cao 0,6m trong hơn 2/3 thời gian của năm. Theo sơ đồ phân bố, mật độ năng lượng sóng biển nước ta trung bình vào khoảng 15-20 kW/m². Đây là nguồn năng lượng sạch, có tiềm năng rất lớn nhưng hiện tại ít được quan

tâm. Tính theo chiều dài bờ biển nước ta thì năng lượng từ sóng biển từ 45-60 MW trên mỗi đợt sóng [1]. Việc nghiên cứu thiết bị biến đổi năng lượng sóng có ý nghĩa vô cùng lớn mở ra một hướng mới nhằm giải quyết nhu cầu năng lượng chung của đất nước cũng như cho các khu vực và lĩnh vực hoạt động mà nguồn cung cấp năng lượng còn rất khó khăn (ven biển, hải đảo, các hoạt động trên biển...) trong tương lai.



Hình 1. Bản đồ năng lượng sóng biển Việt

¹ Người phản biện: **GSTS Lê Danh Liên**

Ngày nhận bài: 01/4/2014

Ngày thông qua phản biện: 27/5/2014

Ngày duyệt đăng: 16/6/2014

Nam

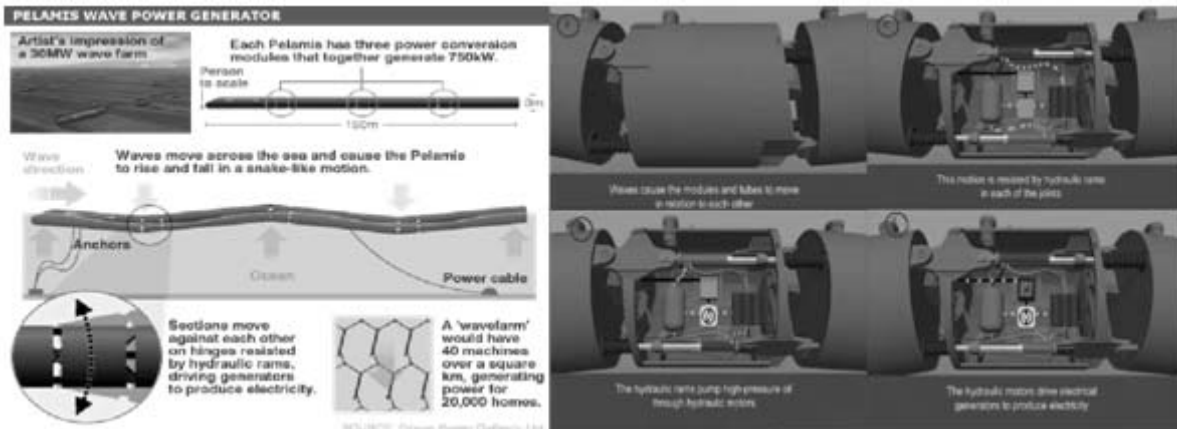
So với các nguồn năng lượng tái tạo khác, năng lượng sóng biển có tiềm năng lớn, không ảnh hưởng nhiều đến cảnh quan môi trường, tuy nhiên, chưa được sử dụng nhiều. Năng lượng điện từ sóng biển đã được thử nghiệm nhiều năm qua nhưng hiệu quả chưa cao. Ngày nay, khi khoa học công nghệ phát triển và thế giới đang phải đối mặt với những hậu quả nghiêm trọng do biến đổi khí hậu gây ra thì việc nghiên cứu chuyển hóa năng lượng của sóng thành năng lượng điện là hướng đi ngày càng có triển vọng.

II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA MỘT SỐ THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN

Năng lượng sóng biển là vô hạn tuy nhiên do dao động của từng cơn sóng nên không ổn định. Sóng biển lúc cao, lúc thấp, lúc mạnh, lúc yếu. Chu kỳ và khoảng cách giữa 2 lần sóng biển cũng khó xác định. Mực nước biển lên cao, xuống thấp theo thủy triều. Trong khi đó, việc tạo ra điện năng từ các bộ biến đổi năng lượng sóng biển đòi hỏi phải ổn định, liên tục và lâu

dài. Chính vì vậy, việc nghiên cứu bộ biến đổi năng lượng sóng biển cần phải được thực hiện với các thông số kỹ thuật khác nhau để từ đó có thể lựa chọn các giải pháp phục vụ cho việc chế tạo các bộ biến đổi năng lượng sóng biển hoạt động tốt đáp ứng được các điều kiện thực tế của sóng biển.

+ *Thiết bị rắn Pelamis*: là thiết bị được Bồ Đào Nha nghiên cứu và phát triển mạnh từ năm 2008 trở lại đây. Thiết bị này chuyển đổi năng lượng sóng công suất lớn và được đặt cách xa bờ, mỗi thiết bị Pelamis có 3 bộ chuyển đổi năng lượng sóng với tổng công suất khoảng 750 kW. Các bộ chuyển đổi của thiết bị được gắn tại các khớp nối của thân phao. Thân của Pelamis di chuyển theo mặt sóng tạo nên chuyển động giữa các khớp nối của bộ chuyển đổi, là nơi được lắp bộ truyền động thủy lực 2 chiều. Khi khớp di chuyển sẽ tạo ra dòng thủy lực với áp suất cao chạy qua tuabin máy phát làm quay tuabin tạo ra điện. Thiết bị này tạo ra nguồn điện ổn định và có khả năng điều chỉnh, có thể cung cấp điện cho các công trình xa bờ như: giàn khoan dầu, ngọn hải đăng, các đèn báo lưu thông trên biển.



Hình 2. Cấu tạo của thiết bị Pelamis. [pelamiswave.com]

+ *Thiết bị dao động phao nổi*: Kết cấu chính gồm: Rotor máy phát là nam châm vĩnh cửu được nối với phao nổi trên mặt biển bằng hệ khung thép thông qua dây cáp, Rotor được đặt bên trong cuộn dây Stator. Cuộn dây Stator được quấn trong đế trụ tròn rỗng được cố định dưới đáy biển.

- Nguyên lý hoạt động khi đợt sóng đi

chuyển qua khu vực đặt thiết bị tác động lên các phao di chuyển lên xuống, các phao này gắn với rotor của các máy phát làm chúng di chuyển lên xuống với tốc độ giống nhau bên trong cuộn dây. Từ đó tạo ra điện bên trong các cuộn dây máy phát, các cuộn dây được nối với nhau bằng cáp dẫn vào trạm truyền tải trong bờ.

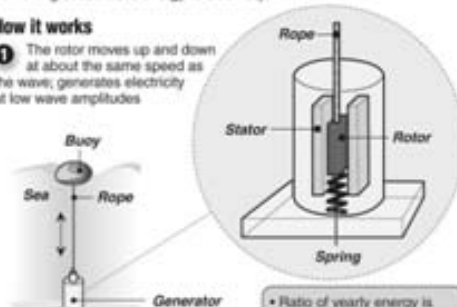


Ocean wave energy

Swedish company Seabased AB has developed a simple way of converting ocean wave energy to electricity:

How it works

1 The rotor moves up and down at about the same speed as the wave; generates electricity at low wave amplitudes

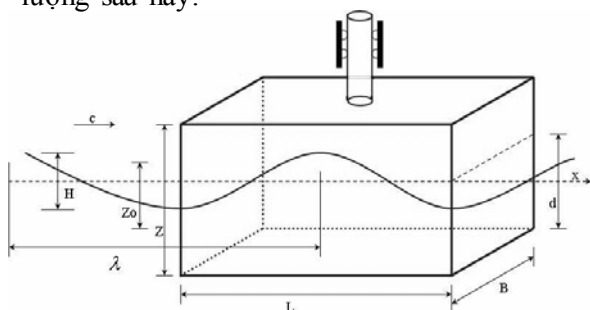


Hình 3. Cấu tạo của thiết bị phao nổi .[mccatchydc.com]

III. TÍNH TOÁN NĂNG LƯỢNG CHUYỂN ĐỔI CỦA MÔ HÌNH PHAO KHAI THÁC NĂNG LƯỢNG SÓNG

Thiết bị được đề cập đến trong phần này là một phao nổi thu nhận năng lượng trên mặt sóng. Với một mô hình phao thu năng lượng bất kỳ ta sẽ có được 2 dao động đồng thời là dao động nhấp nhô và dao động con lắc. Phao thu năng lượng sóng được ứng dụng rất nhiều trong các mô hình như hình hộp, hình trụ, hình cầu.

Phần này tác giả chỉ tính toán cho một mô hình phao đơn giản, đó là mô hình phao hình chữ nhật như hình 4 được giới hạn dao động con lắc theo phương thẳng đứng theo các khung thép định vị, đồng thời cung cấp cho chúng ta những biểu thức quan trọng nhằm tính toán cho một phao bất kỳ, làm tiền đề cho việc tính toán các mô hình phao thu năng lượng sau này.



Hình 4. Cấu tạo của thiết bị phao nổi hình hộp chữ nhật.

Trong đó có các thông số:

- L: Chiều dài của phao nổi (m)
- B: Bề rộng phao nổi (m)
- Z: Chiều cao phao nổi (m)

d: Phần ngập nước của phao (m)

Mô hình phao được thiết kế với bộ định hướng theo phương thẳng đứng tức là loại bỏ phần dao động con lắc. Năng lượng chính của thiết bị nhận vào chính là dao động nhấp nhô theo phương thẳng đứng.

Như vậy biểu thức tính toán tần số dao động nhấp nhô tự nhiên của mô hình phao nêu trên là: [2]

$$f_z = \frac{1}{T_z} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g A_{wp}}{m + m_w}}$$

Trong đó:

- T_z : Chu kỳ dao động nhấp nhô tự nhiên (s)
- ω_z : Tần số góc của dao động (rad/s).
- ρ : Khối lượng riêng của nước biển (kg/m^3).
- g : Gia tốc trọng trường (m/s^2).
- A_{wp} : Phần diện tích tiếp xúc với nước biển.
- m : Khối lượng phần nước biển bị thay thế bởi phần chìm của phao.
- m_w : Khối lượng phần nước biển tác động vào phao.

Công thức tính biên độ nhấp nhô của mô hình phao tìm được như sau: [2]

$$Z = \frac{(F_0 / \rho g A_{wp}) \cos(\omega t + \lambda - \sigma_z)}{\sqrt{(1 - \omega^2 / \omega_z^2)^2}} = Z_0 \cdot \cos(\omega t + \lambda - \sigma_z) \tag{3.1}$$

Z_0 : Biên độ dao động nhấp nhô cực đại (m).

λ : Bước sóng (m).

F_0 : Biên độ lực dao động (N).

ω : Tần số góc (rad/s).

Vận tốc V_z (m/s) của dao động được xác định bằng công thức sau

$$V_z = \frac{dz}{dt} = -\omega Z_0 \sin(\omega t + \lambda - \sigma_z) \quad (3.2)$$

Gia tốc a_z (m/s²) của dao động tính theo công thức:

$$a_z = \frac{d^2z}{dt^2} = -\omega^2 Z_0 \cos(\omega t + \lambda - \sigma_z) \quad (3.3)$$

$$= -\omega^2 Z$$

Động năng và thế năng của mô hình được tính theo biểu thức sau: [2]

$$E_{kz} = \frac{1}{2} (m + m_w) \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 = \quad (3.4)$$

$$= \frac{1}{2} (m + m_w) \omega^2 Z_0^2 \sin^2(\omega t + \lambda - \sigma_z)$$

$$E_{pz} = \frac{1}{2} \rho g A_{wp} Z^2 = \quad (3.5)$$

$$= \frac{1}{2} \rho g A_{wp} Z_0^2 \sin^2(\omega t + \lambda - \sigma_z)$$

Năng lượng của quá trình dao động:

$$E = E_{kz} + E_{pz}$$

E_{kz} : Động năng toàn phần dao động của phao (KJ).

E_{pz} : Thế năng toàn phần dao động của phao (KJ).

$$E = \frac{1}{2} [(m + m_w) \omega^2 + \rho g A_{wp}] Z_0^2 \quad (3.6)$$

Công suất cơ học của mô hình phao sinh ra từ lực dao động nhấp nhô F_z được tính ở biểu thức sau:

F_z được xác qua công thức

$$F_z = F_0 \cos(\omega t). \quad (3.7)$$

Với F_0 là biên độ lực dao động.

Vậy công suất P_z (KW) nhận được từ phao cân bằng dao động

$$P_z = F_z \frac{dz}{dt} \quad (3.8)$$

P_z - Công suất thu được từ phao (KW). Công suất trung bình nhận được trong một chu kỳ T(s).

$$\bar{P}_z = \frac{1}{T} \int_0^T P_z dt = \frac{F_0 \omega Z_0}{2} \quad (3.9)$$

\bar{P}_z Công suất trung bình (KW).

Qua nghiên tính toán lý thuyết việc xác định kích thước của phao và tính chất sóng của từng khu vực là điều hết sức quan trọng.

IV. NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CHO VÙNG BIỂN VIỆT NAM

Qua nghiên cứu thu thập những tài liệu về hải văn của trung tâm dự báo khí tượng thủy văn trung ương, chúng tôi tiến hành khảo sát sóng biển ở Việt Nam có bảng kết quả chiều cao sóng như sau.

Bảng 1: Chiều cao của sóng dọc theo bờ biển Việt Nam

Vùng biển \ Tháng của năm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Số bản tin thu thập được	76	74	67	55	58	60	61	56	57	60	63
Bắc vịnh Bắc Bộ	1,52	1,20	1,28	1,12	1,09	1,40	1,32	1,14	1,08	1,29	1,31	1,48
Nam vịnh Bắc Bộ	1,65	1,31	1,38	1,19	1,13	1,35	1,33	1,15	1,15	1,40	1,35	1,66
Quảng Trị đến Quảng Ngãi	1,99	1,43	1,48	1,12	0,96	1,31	1,26	1,08	1,09	1,65	1,30	1,92
Bình Định đến Ninh Thuận	2,40	1,65	1,60	1,15	1,10	1,63	1,73	1,69	1,32	1,55	1,31	2,04
Bình Thuận đến Cà Mau	2,63	2,00	1,70	1,15	1,40	2,09	2,11	2,41	1,90	1,44	1,42	2,21

Khu vực có sóng mang năng lượng lớn và ổn định trong năm là khu vực từ Bình Thuận tới Cà Mau và có kết quả tính toán công suất như sau

Bảng 2: Tính chọn các phương án chiều cao của phao tại vùng biển Bình Thuận tới Cà Mau

Các phương án sử dụng phao khác nhau	Đơn vị tính	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Bình quân
1. Phao cao trên 13m														
Công suất phát điện	MW	438,6	295,2	220,2	94,7	155,0	315,3	318,7	381,6	272,8	162,1	157,6	339,6	262,6
Khả năng phát điện	Triệu KWh	326,3	198,4	163,8	68,2	115,3	227,0	237,1	283,9	196,4	120,6	113,5	252,6	191,9
2. Phao cao 3,5m														
Mức giảm công suất	%	15,0	4,4	4,5	0,5	0,2	3,7	5,9	7,6	2,7	0,8	2,4	7,6	4,6
Công suất phát điện	MW	372,4	282,1	210,2	94,2	154,7	303,8	299,8	352,6	265,5	160,8	153,8	313,9	247,0
Khả năng phát điện	Triệu KWh	277,3	189,6	156,4	67,8	115,1	218,7	223,0	262,3	191,1	119,7	110,7	233,6	180,4
2. Phao cao 3,5m														
Mức giảm công suất	%	21,1	8,4	8,0	1,8	1,4	8,4	10,5	13,8	6,6	1,8	4,0	12,7	8,2
Công suất phát điện	MW	316,7	269,6	200,7	93,7	154,4	292,7	282,0	325,7	258,3	159,6	150,1	290,2	232,8
Khả năng phát điện	Triệu KWh	235,6	181,2	149,3	67,5	114,9	210,7	209,8	242,3	186,0	118,7	108,0	215,9	170,0

Với kết quả tính toán sóng cho khu vực từ Bình Thuận tới Cà Mau trên 1km^2 trên mặt biển, ở vùng biển này, mức chênh lệch phát điện lớn nhất là giữa tháng 1 (tháng phát điện lớn nhất) và tháng 4 (tháng phát điện ít nhất).

Nếu chia công suất phát điện bình quân của tháng phát điện lớn nhất là tháng 1 cho công suất lắp máy thì ở vùng biển Bình Thuận đến Cà Mau tỷ lệ này là: Phương án 1: 75,30%, phương án 2: 63,99%. Chỉ khi nào độ cao sóng biển lớn hơn 3,15m thì công suất phát

điện theo phương án 1 sẽ bắt đầu vượt công suất lắp máy. Chỉ khi nào độ cao sóng biển lớn hơn 3,32 m thì công suất phát điện theo phương án 2 mới bắt đầu vượt công suất lắp máy.

Qua kết quả tính toán cho 1km^2 mặt biển ta thấy nguồn điện từ năng lượng sóng biển mỗi năm đã có thể cho tới hàng tỷ KWh. Bờ biển nước ta dài hơn 3.260 km, lãnh hải nước ta rộng hàng triệu km^2 . Nếu tận dụng những khu vực có năng lượng của sóng biển cao ở nước ta thì nguồn điện này sẽ vô cùng to lớn.

V. KẾT LUẬN

Từ phân tích đặc điểm nguyên lý làm việc của một số loại thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển chúng ta thấy rằng việc nghiên cứu thiết bị tối ưu áp dụng cho vùng biển Việt

Nam là cần thiết. Tác giả cũng đã đưa ra mô hình tính toán và áp dụng cho một số khu vực tại Việt Nam, tính thử và so sánh một số phương án trên khu vực 1km².

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Năng lượng sóng biển khu vực biển Đông và vùng biển Việt Nam. Tác giả Nguyễn Mạnh Hùng, Dương Công Điền. NXB Khoa học tự nhiên & công nghệ - 2011.
- [2]. Michael E. McCormick: *Ocean Wave Energy Conversion (Copyright by Michael E. McCormick)*. ISBN-10: 0-486-462445-5 -2007
- [3]. Holmén, E. : *Report on Simulations of the Behaviour of Turbine Units and Storage Basin Level for Four Turbine Layouts*", Veterankraft AB, Stockholm, 27.11.1999.
- [4]. Các số liệu được lấy từ Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn Trung ương. Số 4 Đặng Thái Thân - Hà nội.