

# KHẢO SÁT VÀ TÍNH TOÁN MỘT SỐ ĐẶC TÍNH CỦA THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN

Phùng Văn Ngọc<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Mịch<sup>2</sup>,  
Đặng Thế Ba<sup>3</sup>

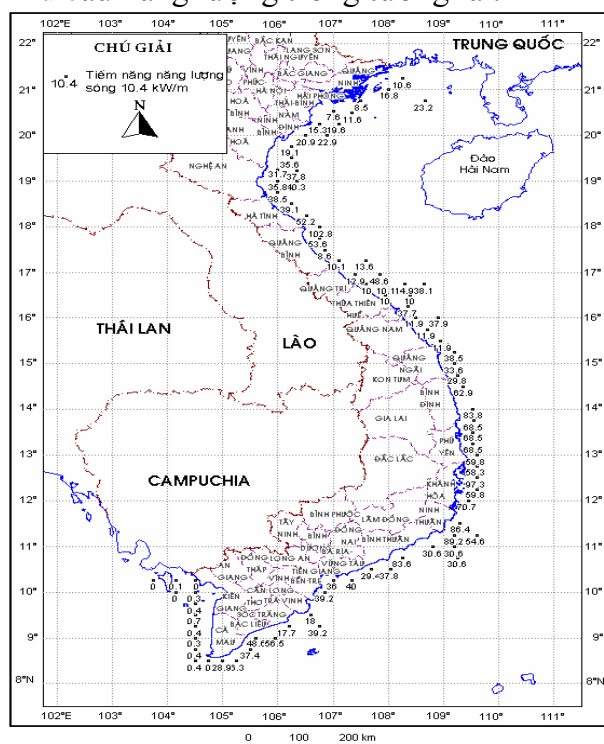
**Tóm tắt:** Bài báo giới thiệu các nghiên cứu về cấu trúc thiết bị biến đổi năng lượng sóng biển thành điện năng sử dụng nguyên lý phao nổi. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đi vào khảo sát, phân tích và tính toán các đặc tính của thiết bị biến đổi năng lượng sóng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy được việc sử dụng thiết bị dao động phao nổi hoàn toàn đáp ứng về mặt chuyển đổi năng lượng trong thực tế với điều kiện áp dụng tại vùng biển Việt Nam. Quá trình nghiên cứu đưa ra một số kết quả tính toán cho thiết bị biến đổi năng lượng sóng biển dạng hình trụ áp dụng cho vùng có mức năng lượng lớn.

**Từ khóa:** Năng lượng sóng biển; thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng; phao nổi; điện sóng.

## 1. MỞ ĐẦU

Việt Nam là một trong những nước có nguồn tài nguyên năng lượng tái tạo khá dồi dào và đa dạng gồm: Năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng sóng biển, nhiên liệu sinh học và địa nhiệt . . . Các nguồn năng lượng này được phân bố trải rộng từ Bắc tới Nam. Hiện nay, không khó để nhận thấy nhu cầu sử dụng năng lượng đang một gia tăng nhanh ở Việt Nam. Vì vậy việc sớm khai thác các nguồn năng lượng đó là rất cần thiết. Nó không những góp phần cung cấp năng lượng khi 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 3200km bờ biển với sóng biển trung bình cao 0,6m trong suốt hơn 2/3 thời gian của năm. Theo (1) sơ đồ phân bố năng lượng sóng biển thì năng lượng trung bình sóng biển nước ta vào khoảng 15-20 kW/m. Năng lượng sóng biển ở Việt Nam, một nguồn năng lượng sạch ít được quan tâm nhưng tiềm năng rất lớn. Tính theo chiều dài bờ biển nước ta thì năng lượng từ sóng biển mang lại bờ biển từ 45-60 MW trên mỗi đợt sóng. Việc nghiên cứu thiết bị biến đổi năng lượng sóng có ý nghĩa vô cùng lớn. Nó mở thêm một hướng nhằm đáp ứng giải quyết

nhu cầu năng lượng chung của đất nước cũng như năng lượng cho phát triển khu vực và lĩnh vực hoạt động mà nguồn cung cấp từ các nguồn năng lượng còn rất khó khăn (ven biển, hải đảo, các hoạt động trên biển...). Đồng thời, mở hướng đi cho việc giải quyết nhu cầu năng lượng trong tương lai.



Hình 1. Bản đồ năng lượng sóng biển Việt Nam

Trong các nguồn năng lượng tái tạo ở Việt Nam, năng lượng sóng biển có ưu điểm về tiềm năng năng lượng lớn nhất, khi khai thác không cần một bộ máy điều hành lớn và phức tạp, mức độ ảnh hưởng đến cảnh quan môi trường không

<sup>1</sup> Viện Khoa học Thủy lợi miền Trung và Tây nguyên.

<sup>2</sup> Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

<sup>3</sup> Trường Đại học Công nghệ - Đại học quốc gia Hà Nội

cao. Tuy nhiên năng lượng sóng biển chưa được tận dụng nhiều, mặc dù người ta đều biết hiệu suất chuyển hóa thành điện của nguồn năng lượng này là cao nhất. Năng lượng điện từ sóng biển đã được thử nghiệm nhiều năm nhưng vẫn chưa đạt được thành công. Đến nay khi khoa học công nghệ phát triển và thế giới đang phải đối mặt với những thiếu hụt trầm trọng về các dạng năng lượng truyền thống thì việc nghiên cứu chuyển hóa năng lượng của sóng thành năng lượng điện ngày càng có ý nghĩa to lớn.

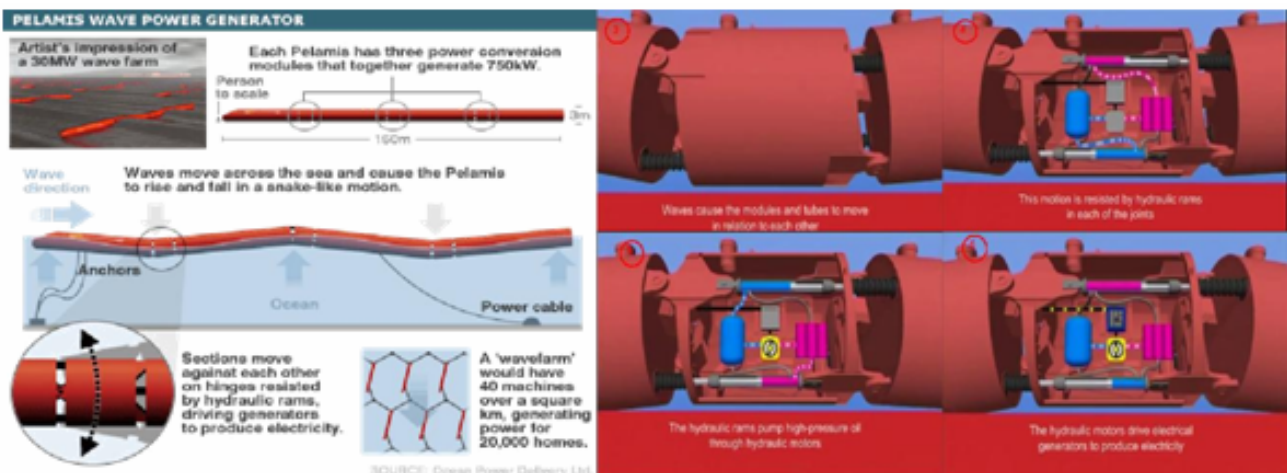
## 2. Nguyên lý làm việc của một số thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển.

Năng lượng sóng biển tuy vô hạn nhưng dao động của từng cơn là 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. Nhưng 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 phân tích bộ biến đổi năng lượng sóng biển cần phải được thực hiện với các thông

số kỹ thuật để từ đó có thể lựa chọn các giải pháp phục vụ cho việc điều khiển các bộ biến đổi năng lượng sóng biển hoạt động tốt đáp ứng được các điều kiện sóng biển tạo ra. Hiện nay trên thế giới đã có một số thiết bị như sau:

+ **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 thiết bị, 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 có nguồn điện tạo ra ổn định và có khả năng điều chỉnh.

Có thể cung cấp điện cho các thiết bị xa bờ như: giàn khoan dầu, ngọn hải đăng, các đèn báo lưu thông trên biển.

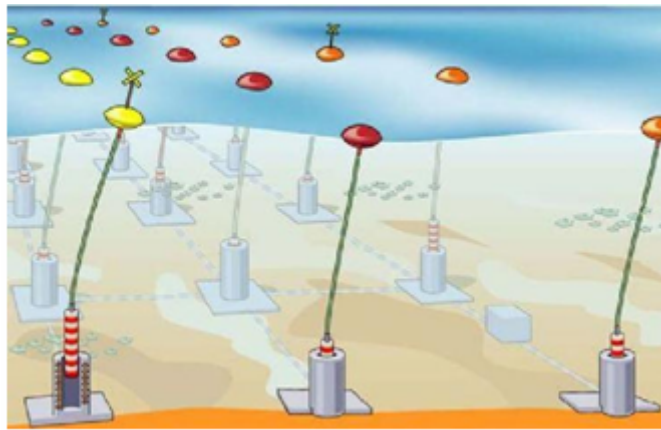


Hình 2. Cấu tạo của thiết bị rắn Pelamis. [pelamiswave.com]

+ **Thiết bị dao động phao nổi:** Là thiết bị được Thụy Điển nghiên cứu và phát triển. Cấu tạo chính gồm: Rotor máy phát là nam châm vĩnh cửu được nối với phao nổi trên mặt biển bằng 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 di

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

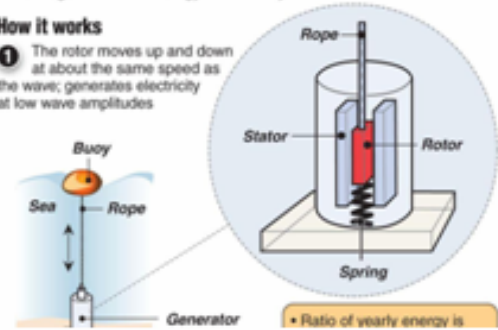


### Ocean wave energy

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 dao động phao nổi. [mcclatchydc.com]

### 3. 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 theo phương đứng. Với một mô hình phao thu năng lượng bất kỳ sẽ có 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.

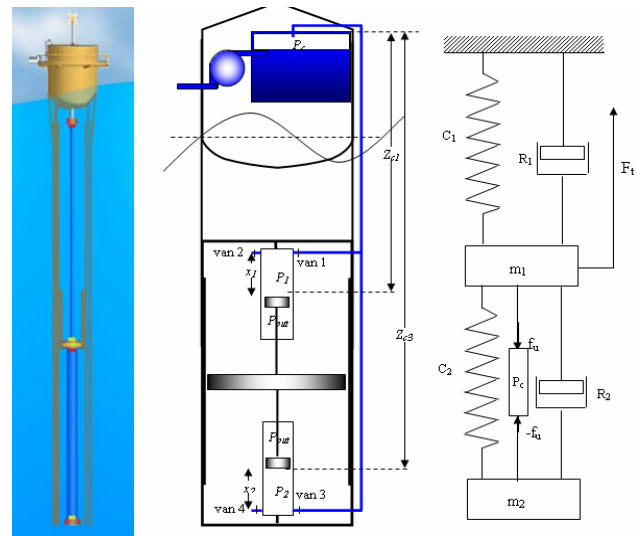
Phần này tác giả chỉ tính toán cho một mô hình phao đơn giản nhất, đó là mô hình phao trụ được giới hạn dao động con lắc. Đồng thời cung cấp cho chúng ta những biểu thức quan trọng nhằm tính toán cho một phao bất kỳ, làm tiền đề cho việc tính toán các mô hình phao thu năng lượng sau này.

- Thiết bị được phát triển theo nguyên lý dao động phao nổi của Thủy Điện tuy nhiên đã có sự cải tiến khi lắp thêm đĩa thu năng lượng dao động theo hệ thống lò xo để tăng hiệu suất trong quá trình dao động của phao khi biến đổi năng lượng

- Cấu tạo và nguyên lý làm việc cơ bản của thiết bị mô tả như Hình 4

+ Nguyên lý làm việc như sau : Dưới tác dụng của thành phần lực theo chiều đứng của sóng biển, phao sẽ chuyển động lên xuống cùng với lòng hình trụ nổi cứng với phao. Trong trong khi dưới tác dụng lên đĩa đã được thiết kế sao cho chu kỳ chuyển động của đĩa lệch pha với chuyển động của lòng, chính sự chuyển động lệch pha này kéo 2 bơm chuyển động và

đẩy nước vào bình chứa áp lực qua van 1 và 2 (ở 2 nửa chu kỳ, quá trình đẩy của bơm này là quá trình đẩy của bơm kia), nước áp lực sau đó được xả ra để cấp cho chạy turbine, turbine được nối với một motor để phát điện. Điện được điều chỉnh ổn định một phần nhờ bình chứa và bằng hệ thống ổn áp thiết kế tương ứng theo nhu cầu sử dụng.



Hình 4. Cấu tạo của thiết bị phao nổi hình trụ.

Trong đó có các thông số:

$Z_{c1}$ : Chiều cao của đỉnh piston 1 so với đỉnh phao (m)

$Z_{c2}$ : Chiều cao của đỉnh piston 2 so với đỉnh phao (m)

D: Đường kính phao (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 [1]:

$$f_z = \frac{1}{T_z} = \frac{\omega_z}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g A_{wp}}{m + m_w}} \quad (3.1)$$

Trong đó:

$T_z$ : Chu kỳ dao động nhấp nhô tự nhiên (s)

$\omega_z$ : Tần số góc của dao động (rad/s).

$\rho$ : Khối lượng riêng của nước biển.

$A_{wp}$ : 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.

Khi đó, phương trình chuyển động được đơn giản hoá ở dạng:

$$m_b \ddot{s}_b(t) + R_b \dot{s}_b(t) + S_b s_b(t) = F_{e,b}(t) \quad (3.2)$$

Trong đó

$R_b$  là hệ số cản tương đương của toàn bộ cơ cấu.

$S_b$  là hệ số phục hồi tương đương.

$F_{e,b}$  là lực sóng tới theo phương đứng.

$m_b$  là tổng khối lượng chuyển động của phao.

Để tìm được nghiệm của phương trình (3.2) tiến hành giải bằng Matlab để thu nhận được chuyển động của phao, sau đó khảo sát các đặc tính năng lượng cơ bản theo các tham số sóng, cấu tạo hình học phao và các thông số cho các cơ cấu chuyển đổi. Để tính năng lượng có thể được từ chuyển động của phao, sử dụng công thức công suất đơn giản  $P = FV$ , trong đó  $P$  là công suất của phao, chuyển động với vận tốc  $V$ , dưới tác dụng của lực  $F$ . Khi đó công suất mà phao nhận được từ tác động của sóng tới là:

$$P_{ava}(t) = F_{e,b}(t) \dot{s}_b(t) \quad (3.3)$$

Tổng công suất tiêu thụ do toàn bộ cơ cấu chuyển đổi và ma sát là:

$$P_{obs}(t) = R_b (\dot{s}_b(t))^2 \quad (3.4)$$

Công suất trung bình nhận được trong một

$$\text{chu kỳ } T. \bar{P}_z = \frac{1}{T} \int_0^T P_z dt = \frac{F_0 \omega Z_0}{2} \quad (3.5)$$

$F_0$ : Biên độ lực kích thích dao động của sóng tới.

$Z_0$ : Biên độ dao động của phao

Với cấu tạo phao như đã nói ở trên, bằng phần mềm Matlab đã tính toán khả năng năng lượng và khảo sát đặc tính cơ bản của phao trong các trường hợp khác nhau làm cơ sở cho các tính toán thiết kế. Các kết quả có thể trình bày như sau:

Đối với phao hình trụ đường kính 1m, tổng khối lượng phao được thiết kế sao cho khi ở trạng thái cân bằng, một nửa chìm dưới nước.

Như vậy khối lượng của phao là  $m = 270\text{kg}$ , khối lượng khối nước chuyển động kèm theo phao  $m_{33} = \frac{\pi \rho D^2 L}{4} = 270\text{kg}$ , Tổng khối lượng

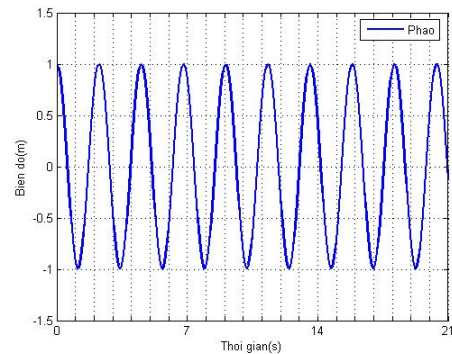
chuyển động của phao là  $m_b = 540\text{kg}$ , hệ số phục hồi  $S_b = \frac{\pi \rho g D^2}{4} = 7936\text{m/s}$ .

Lực kích thích do sóng tới là

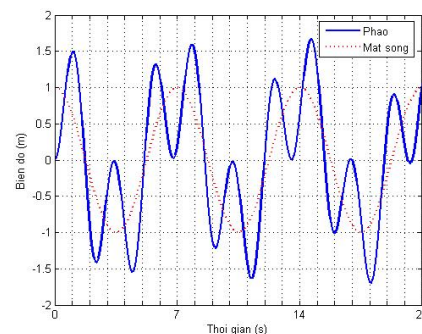
$$F_{e,b}(t) = \frac{\pi \rho g \eta_a D^2}{2} \left(1 - \frac{kD}{6}\right) \cos \omega t = 15650 \cos \omega t.$$

$\eta$  là dịch chuyển của mặt nước theo phương thẳng đứng,  $k$  là số sóng

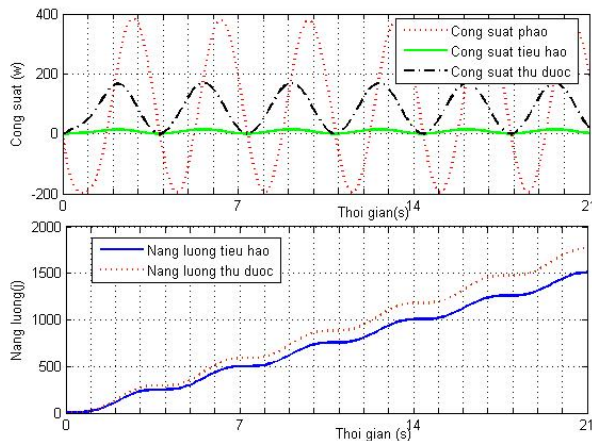
Các kết quả tính toán cho sóng biên độ 1m, chu kỳ 7s được trình bày trong các hình sau:



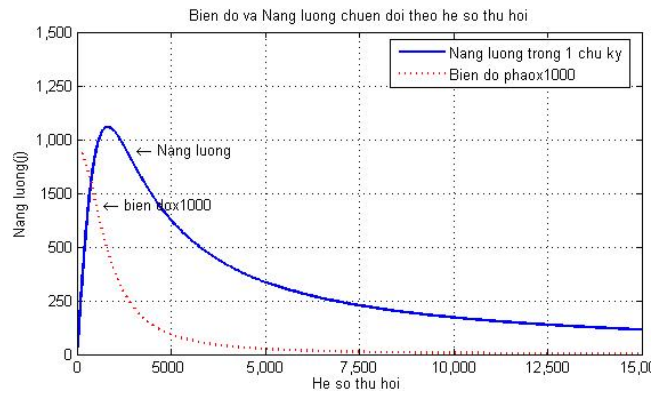
Hình 5. Dao động riêng của phao



Hình 6. Chuyển động của phao tự do, không ma sát và không thu hồi



Hình 7. Công suất và năng lượng của phao khi hệ số thu hồi  $R_{bu}=250Ns/m$ , hệ số ma sát  $R_{bf}=20Ns/m$ .



Hình 8. Biến thiên năng lượng thu được trong một chu kỳ theo hệ số thu hồi

Từ kết quả tính toán (hình 8) có thể thấy rằng khi tăng dần hệ số hấp thụ năng lượng qua cơ cấu chuyển đổi thì hiệu suất thu được là cực đại tại một hệ số nào đó, trong trường hợp tính toán ở đây, hệ số này khoảng 2000Ns/m. Vì vậy khi tính toán thiết kế, các tham số liên quan đến hệ số chuyển đổi phải được tính toán và chọn tối ưu, các

ơ cấu liên quan mất mát năng lượng do ma sát phải được giảm thiểu đến mức thấp nhất. Khi đó để năng lượng thu được đạt hiệu suất cao nhất.

Khảo sát cho các tham số cấu tạo khác nhau của phao như kích thước, khối lượng phao, hệ số hao tán (phụ thuộc vào cơ cấu thu hồi năng lượng), các kết quả cho trong bảng sau.

Bảng. Năng lượng có thể thu được theo kích thước phao hình trụ (cả ma sát)

STT	KL Phao (Kg)	ĐK Phao (m)	Hệ số tiêu tán (N/m)	Biên độ phao (m)	Năng lượng (J/chukỳ)	Công suất TB (w)
1	146	0.3	300	0.98	635.9	81.9
2	146	0.3	500	0.81	983.9	134.2
3	146	0.3	1000	0.66	925.3	129.0
4	404	0.5	1000	0.91	2434.0	338.5
5	404	0.5	2000	0.71	2796.5	394.5
6	404	0.5	4000	0.62	2158.7	308.0
7	1617	1.0	3000	0.97	8406.8	1174.6
8	1617	1.0	6000	0.80	11202.0	1582.6
9	1617	1.0	9000	0.69	11090.0	1574.9

Qua bảng kết quả tính toán những phao có cùng đường kính và khối lượng thì công suất thu được phụ thuộc vào hệ số tiêu tán. Khi hệ số tiêu tán mà tăng thì công suất thu được tăng lên. Vì vậy khi nghiên cứu các thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng vấn đề cần quan tâm tới hiệu số tiêu tán năng lượng.

#### 4. 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 vô cùng cần thiết và cấp bách. Tác giả cũng đã đưa ra mô hình tính toán và khảo sát đặc tính

cho thiết bị, tính thử cho một thiết bị với thông số cụ thể. Với các kết quả được khảo sát ở trên cho thấy với thiết bị dạng phao dao động hoàn toàn đáp ứng yêu cầu chuyển đổi năng lượng. Thiết bị đưa ra có những cái tiến về mặt cấu tạo làm tăng hiệu suất chuyển đổi. Việc nghiên cứu

thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng điện cho vùng biển Việt Nam hiện nay là hết sức cần thiết vì vậy cần có sự đầu tư nghiên cứu của các nhà khoa học nhằm sớm đưa ra được thiết bị tối ưu phục vụ nhu cầu năng lượng của đất nước hiện nay.

#### 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 và công nghệ -200tr.
2. Các số liệu sóng tính toán được thu thập tại Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn trung ương.
3. Cummins, W.E.: The Impulse Response Function and Ship Motions. Schiffstechnik, Vol. 9, pp.101-109, 1962
- 4 O.M. Faltinsen - Sea loads on ships and offshore structures – Cambridge university press NTH-1992
5. Eidsmoen, H.: Hydrodynamic parameters for a two-body axisymmetric system. Applied Ocean Research, vol. 17, No.2, pp. 103-115, 1995.

#### Abstract

#### SURVEYING AND CALCULATING CHARACTERISTICS OF WAVE ENERGY CONVERSION DEVICE

This article presents studies of wave-to-electric energy converter based on float form theory. More over the studies research, analyze and calculate the features of the converters. There results show that the operation of fluctuating float devices completely meets fact energy conversion conditions in Viet Nam coasts. Some obtained calculation results for cylindrical wave energy converters working in the range of high level of sea wave energy have also been presented.

**Keyword:** *Wave energy; wave energy converters; float form; electric energy;*

---

Người phản biện: **TS. Hoàng Công Tuấn**

BBT nhận bài: 16/5/2013

Phản biện xong: 6/6/2013