



NGHIÊN CỨU THIẾT BỊ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN ĐẶT VEN BỜ

Tổng Đức Năng^{1*}, Lê Hồng Chương²

Tóm tắt: Ngày nay nguồn năng lượng tái tạo đang ngày càng được chú trọng tìm kiếm, khai thác. Với tính năng mật độ năng lượng cao và khá ổn định, năng lượng sóng biển mở ra một tiềm năng lớn cho ngành sản xuất điện. Trong bài báo này, một mô hình thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển theo nguyên lý phao nổi được đề xuất, một số thông số chính của thiết bị cũng được tính toán, khảo sát cho điều kiện Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng thiết bị dao động phao nổi chuyển hóa năng lượng sóng thành năng lượng dòng thủy lực để làm quay tuabin máy phát điện là phù hợp với điều kiện tại một số khu vực.

Từ khóa: Thiết bị chuyển đổi năng lượng; năng lượng điện; năng lượng sóng.

Researching shoreline type of wave energy converter

Abstract: Nowadays the special attention is paid to recycle being found and exploited. With certain advantages such as high energy density, stable performance, the sea wave energy is very prospective in electrical producing energy. In this paper, the research on an energy convert device from sea wave energy into electrical one on the basic principle of floats is presented. Some main parameters of a device are also presented. The results showing that the use of this device is suitable for conditions in some Vietnam areas. The article also gives some results of calculations for the wave energy converter.

Keywords: Energy conversion devices; electrical energy; wave energy.

Nhận ngày 10/5/2017, sửa xong 11/6/2017, chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 11, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Sóng hình thành là do gió thổi qua bề mặt đại dương. Ở nhiều nơi trên thế giới, gió thổi đều về cả thời gian và lực đã cung cấp các sóng liên tục dọc theo bờ biển. Các sóng đại dương có tiềm năng về năng lượng to lớn. Các thiết bị năng lượng sóng trích năng lượng từ chuyển động bề mặt của sóng biển hoặc từ các biến động áp suất dưới bề mặt. Trong khi tiềm năng tài nguyên gió thường được tính bằng Gigawatts (GW) thì tiềm năng nguồn sóng và thủy triều thường được tính bằng Terawatt-giờ/năm (TWh/năm) [1]. Đó là một tiềm năng to lớn, vì biết rằng chỉ cần 1 TWh/năm (1 Terawatt = 10^{12} W) năng lượng sẽ đủ cung cấp điện cho khoảng trung bình 93.850 hộ gia đình ở Mỹ mỗi năm. Mặc dù năng lượng sóng rất phong phú, nhưng nó không thể khai thác hết ở mọi nơi vì nhiều lý do khác nhau, như các hoạt động khác ở trên biển (vận chuyển, đánh bắt, thương mại, hoạt động hải quân) hoặc các mối quan tâm về môi trường ở các khu vực nhạy cảm. Vì vậy, điều quan trọng là phải xem xét có thể thu hồi được bao nhiêu tài nguyên trong một khu vực nhất định. Yoshio Masuda (Nhật Bản), có thể được coi là cha đẻ của công nghệ năng lượng sóng hiện đại, từ những năm 1940 ông đã phát triển một phao dẫn đường bằng năng lượng sóng, được trang bị một tuabin không khí, được đặt tên là cột nước dao động (OWC - Oscillating Water Column) [2].

Cuộc khủng hoảng dầu mỏ năm 1973 đã gây ra một sự thay đổi lớn trong kịch bản các nguồn năng lượng tái tạo và làm tăng mối quan tâm về sản xuất năng lượng quy mô lớn từ các đợt sóng. Trong những năm tiếp theo, cho đến đầu những năm 90, hoạt động ở châu Âu vẫn chủ yếu ở cấp học thuật, thành công rõ ràng nhất là một nguyên mẫu OWC nhỏ (75 kW) được triển khai tại đảo Islay, Scotland (được giao nhiệm vụ vào năm 1991) [3]. Stephen Salter được coi là nhà tiên phong trong việc thử nghiệm mô hình các bộ chuyển đổi năng lượng sóng. Tình hình ở châu Âu đã thay đổi mạnh mẽ theo quyết định của Ủy ban Châu Âu về việc đưa năng lượng sóng vào năm 1991 trong chương trình R & D của họ về năng lượng tái tạo. Năm

¹ThS, khoa Cơ khí xây dựng, Đại học Xây dựng.

²TS, khoa Cơ khí xây dựng, Đại học Xây dựng.

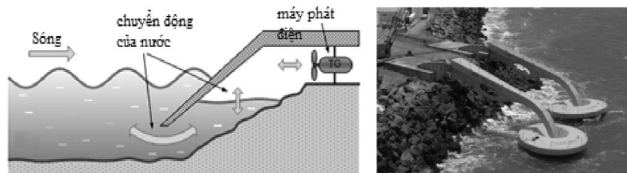
* Tác giả chính. Email: nangxd@gmail.com.

2001, Cơ quan Năng lượng Quốc tế đã thành lập một Hiệp định thực hiện Hệ thống Năng lượng Đại dương (IEA-OES, hiện nay với 19 nước là các bên ký kết) có nhiệm vụ tạo điều kiện và phối hợp nghiên cứu, phát triển và trình diễn năng lượng đại dương thông qua hợp tác quốc tế và trao đổi thông tin. Trong vài năm gần đây, sự quan tâm ngày càng tăng đối với năng lượng sóng đang diễn ra ở Bắc Mỹ (Mỹ và Canada), [4,5].

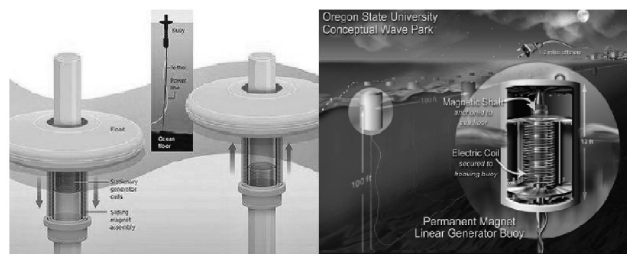
Ngày nay trên thế giới các thiết bị năng lượng sóng đang được phát triển và thử nghiệm rất đa dạng, và một loạt các công nghệ đã được đề xuất để biến đổi năng lượng từ sóng. Một số thiết kế hứa hẹn hơn đang được thử nghiệm ở quy mô thương mại. Có rất nhiều phương pháp biến đổi năng lượng sóng thành năng lượng điện như: Biến lực mặt sóng thành chuyển động tịnh tiến của rotor bên trong cuộn dây máy phát hoặc thành áp suất không khí làm quay cánh quạt hay tác động vào piston... Từ đó các thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng cũng có nhiều dạng và nguyên lý hoạt động khác nhau. Thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng thường được thiết kế để khai thác năng lượng trên mặt sóng. Cấu tạo thường gồm 2 bộ phận: Phần cố định và phần di động để khai thác năng lượng từ bề mặt sóng và chuyển đổi thành chuyển động tịnh tiến. Có hai dạng biến đổi thành năng lượng điện bao gồm dạng biến đổi trực tiếp và dạng biến đổi gián tiếp. Các công nghệ thu năng lượng sóng được thiết kế để lắp đặt ở các vị trí gần bờ, ngoài khơi và xa bờ.

Các thiết bị gần bờ (Hình 1) có lợi thế là gần với mạng lưới điện, dễ bảo trì, điều kiện làm việc ít khắc nghiệt hơn, chi phí xây dựng thấp hơn. Một trong những nhược điểm của các thiết bị gần bờ, vì nước cạn dẫn đến năng lượng sóng thấp (có thể được bù đắp một phần bởi các vị trí tập trung năng lượng tự nhiên [6]). Dải thủy triều cũng có thể là một vấn đề. Ngoài ra, theo bản chất của vị trí của chúng, thường có các yêu cầu về địa điểm, bao gồm hình học và địa chất bờ biển, và bảo vệ cảnh quan ven biển, vì vậy các thiết bị không thể được thiết kế cho sản xuất hàng loạt.

Các thiết bị xa bờ (Hình 2) được định nghĩa là các thiết bị ở mực nước tương đối nông (có chiều sâu ít hơn một bước sóng [7]). Các thiết bị ở vị trí này thường gắn liền với đáy biển, tạo ra một cơ sở cố định thích hợp để cơ thể dao động có thể hoạt động. Giống như các thiết bị gần bờ, điều bất lợi là nước nông dẫn đến các sóng có công suất giảm, hạn chế tiềm năng thu hoạch. Các thiết bị ngoài khơi (Hình 3) nhìn chung ở vùng nước sâu nơi có 'một chiều sâu vượt quá 1/3 bước sóng' [9]. Ưu điểm của việc định vị một thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng (WEC – Wave Energy Converter) ở vùng nước sâu là nó có thể thu được năng lượng năng lượng lớn hơn do hàm lượng năng lượng cao hơn ở các sóng nước sâu [7]. Tuy nhiên, các thiết bị ngoài khơi khó xây dựng và duy trì hơn, do chiều cao và năng lượng sóng lớn hơn trong sóng, cần phải được thiết kế để tồn tại trong điều kiện khắc nghiệt hơn, chi phí cho xây dựng lớn hơn. Mặc dù vậy, người ta lập luận rằng với những đợt sóng mạnh hơn, các thiết bị nổi trong vùng nước sâu cung cấp năng lượng hiệu quả hơn [8]. Từ những phân tích trên, bài báo đề xuất một mô hình thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng đặt trên bờ (gần bờ) phù hợp với điều kiện công nghệ và kinh tế ở Việt Nam nhằm tận dụng nguồn năng lượng sóng ven bờ để sản xuất điện năng. Các thông số cơ bản của mô hình này cũng được tính toán cùng với đánh giá về tiềm năng năng lượng sóng biển ven bờ của một số vùng ở Việt Nam.



Hình 1. Thiết bị đặt gần bờ [9]



Hình 2. Thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng xa bờ trực tiếp [9]



Hình 3. Thiết bị đặt ngoài khơi [9]

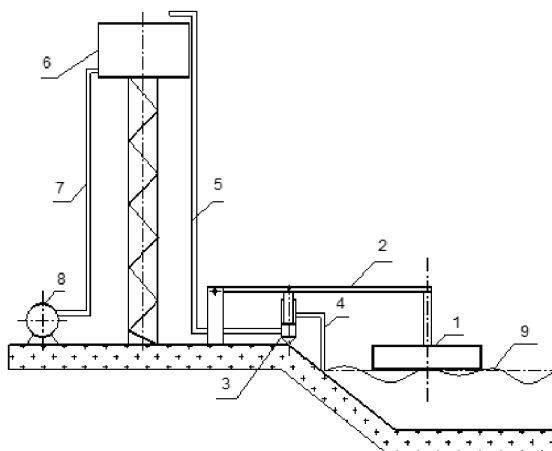


2. Mô hình nghiên cứu và tính toán các thông số cơ bản

2.1 Mô hình thiết bị thu năng lượng sóng gián tiếp đặt trên bờ

Mô hình nghiên cứu một loại thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng đặt trên bờ, thu năng lượng sóng tới sau đó chuyển hóa thành năng lượng dòng thủy lực đưa lên một bể chứa. Mục đích là có năng lượng

dòng nước dưới dạng thể năng dẫn qua làm quay tuabin máy phát tạo ra điện (Hình 4). Năng lượng dao động của sóng biển được phao nổi 1 liên kết với cánh tay đòn 2 bằng liên kết khớp truyền chuyển động đến bơm piston - xi lanh 3. Nước được hút từ đường ống dẫn 4 qua bơm 3 lên theo đường ống dẫn 5 vào bể chứa 6. Nước từ bể 6 dẫn xuống qua đường ống 7 làm quay tuabin 8 tạo ra điện. Thiết bị được áp dụng tính toán với công suất của máy phát điện là 15 kW, thiết bị được đặt tại nơi có chiều sâu nước trước công trình là 2,5m; độ dốc bãi biển trước công trình 1:20; chu kỳ sóng 6s và thiết bị làm việc 24h/24h.



Hình 4. Mô hình thiết bị chuyển đổi

2.2 Tính toán lưu lượng bơm, chọn tuabin

Lưu lượng nước được bơm lên bể chứa phải bằng hoặc lớn hơn lưu lượng nước cần thiết để làm quay tuabin. Để tận dụng tối đa hiệu quả của năng lượng sóng, bơm được chọn là loại tác dụng kép (chuyển động qua lại của piston đều có tác dụng hút và bơm nước nên tận dụng được tối đa quá trình thu năng lượng sóng dưới dạng thể năng). Lưu lượng trung bình của bơm trong 1 chu kỳ [11]:

$$q = S \left(2 \frac{\pi D_p^2}{4} - \frac{\pi d_p^2}{4} \right), \quad (\text{m}^3) \quad (1)$$

trong đó: S là hành trình của bơm (m); D_p là đường kính trong của piston (m); d_p là đường kính cần piston (m). Số lần chuyển động của piston trong 1 giờ với chu kỳ sóng T :

$$n = 3600/T, \quad (\text{lần/giờ}) \quad (2)$$

$$\text{lưu lượng lý thuyết bơm lên trong 1 ngày: } Q_{\Sigma} = 24q.n, \quad (\text{m}^3) \quad (3)$$

Chiều cao chênh áp H (Chiều cao từ bể chứa đến tuabin) được lựa chọn theo Q_{Σ} và công suất phát điện dự kiến. Tuabin được chọn theo H [10]. Áp dụng tính toán, xác định được lưu lượng bơm $Q_{\Sigma} \approx 590 \text{m}^3$, chiều cao chênh áp $H = 15 \text{m}$, chọn loại tuabin phản kích nhỏ có đường kính bánh xe công tác $D = 30 \text{cm}$ và công suất phát điện 15kW.

2.3 Tính toán các thông số của phao nổi

Phao nổi thu nhận năng lượng trên mặt sóng, nó sẽ chịu tác động của cả sóng dọc và sóng ngang. Trong nghiên cứu này chỉ tính toán cho phao chịu tác động của sóng dọc (sóng chính), dao động do sóng ngang gây ra được coi là nhỏ và ảnh hưởng được khắc phục bằng khớp cầu nối phao với tay cần. Phao nổi có rất nhiều dạng khác nhau nhưng dạng phao hình hộp chữ nhật cho hiệu suất cao nhất [11] và có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo, phù hợp với công nghệ ở Việt Nam được lựa chọn, tính toán (Hình 5). Chu kỳ dao động nhấp nhô tự nhiên T_z [12]:

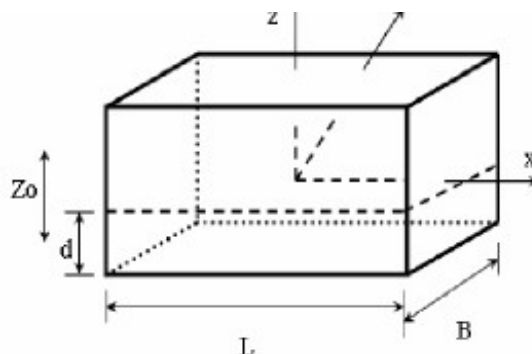
$$T_z = 2\pi \sqrt{\frac{m + m_w}{\rho \cdot g \cdot A_{wp}}} \quad (4)$$

trong đó: $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ là khối lượng riêng của nước biển; g là gia tốc trọng trường (kg.m/s^2); m_w là khối lượng phần nước biển tác động vào phần chìm của phao (Bảng 1); m là khối lượng nước biển bị thay thế: $m = \rho \cdot V_p$, (m^3), với V_p là thể tích phần nước biển bị thay thế (m^3); A_{wp} là diện tích bề mặt tiếp xúc của phao.

Thể tích phần phao chìm trong nước:

$$V_p = L.B.d, \quad (\text{m}^3) \quad (5)$$

trong đó: L là chiều dài của phao hình hộp chữ nhật (m); B là chiều rộng của phao hình hộp chữ nhật (m); d là chiều cao phần chìm trong nước biển (m);



Hình 5. Phao hình hộp chữ nhật

Năng lượng của phao thu được [12]:

$$E_z = \frac{1}{2} [(m + m_w) \omega^2 + \rho \cdot g \cdot A_{wp}] \cdot Z_0^2, (\text{N.m}) \quad (6)$$

trong đó: ω là vận tốc góc (rad/s); Z_0 là biên độ nhấp nhô (m).

Tổng năng lượng được tạo ra ở vùng sóng đều với chiều cao sóng H [9]:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2 \cdot \lambda}{8}, (\text{N.m}) \quad (7)$$

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng sóng của mô hình phao:

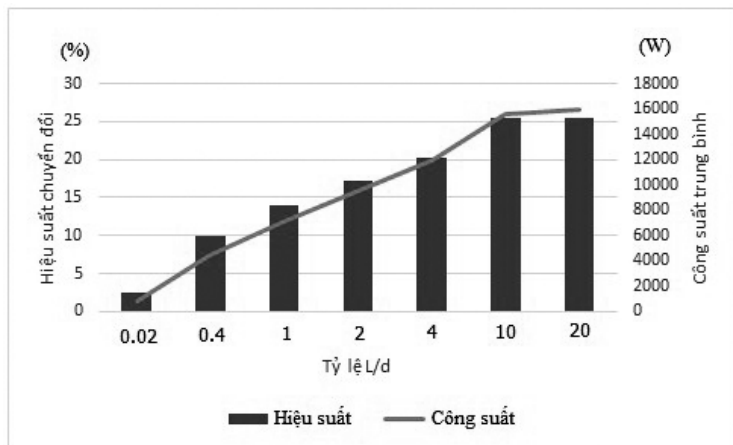
$$\eta_z = \frac{E_z}{E} 100, (\%) \quad (8)$$

công suất trung bình từ dao động nhấp nhô trên một chu kỳ sóng của mô hình phao [12]:

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P_z dt = \frac{F_0 \cdot \omega \cdot Z_0}{2} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot B \cdot \lambda}{2\pi} (e^{-2\pi d/\lambda} + 1) \sin\left(\frac{\pi L}{\lambda}\right) \frac{\omega \cdot Z_0}{2}, (\text{kW}) \quad (9)$$

trong đó: Z_0 là biên độ nhấp nhô của sóng (m); F_0 là biên độ lực nhấp nhô (N); với dạng phao hình hộp chữ nhật: $F_0 = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot B \cdot \lambda}{2\pi} (e^{-2\pi d/\lambda} + 1) \sin\left(\frac{\pi L}{\lambda}\right)$.

Giả thiết: Chiều cao sóng đều $H = 1,2\text{m}$; vùng nước cạn $h = 2,5\text{m}$; phao có khối lượng $m_p = 275\text{ kg}$; thể tích phần chìm trong nước $V_p = 0,4\text{m}^3$; chiều cao phần chìm trong nước $d = 0,2\text{m}$; biên độ nhấp nhô $Z_0 = 0,5\text{m}$. Ta tiến hành khảo sát với các thông số cơ bản của phao như biên độ dao động Z_0 ; tần số T_z ; và biên độ lực nhấp nhô F_0 phụ thuộc vào chiều cao phần chìm trong nước biển d . Tỷ lệ chiều dài của phao với chiều cao phần chìm trong nước biển L/d có ảnh hưởng đến công suất trung bình mà phao nhận được trong 1 chu kỳ sóng. Kết quả tính được thể hiện trên đồ thị Hình 6.



Hình 6. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa tỷ lệ L/d với công suất và hiệu suất chuyển đổi của phao dạng hình hộp chữ nhật

Kết quả khảo sát cho thấy tỷ lệ L/d càng tăng thì hiệu suất chuyển đổi và công suất trung bình thu được của mô hình phao nổi dạng hình hộp chữ nhật tăng lên, với $L/d = 0.02$ thì hiệu suất chỉ đạt khoảng 2,5 % và công suất trung bình thu được chỉ khoảng 800 W, với $L/d = 20$ thì hiệu suất đạt khoảng 25 % và công suất trung bình thu được khoảng 16000 W. Do đó với cùng một kích thước hình học của phao, càng làm phao nổi thì hiệu suất chuyển đổi và công suất trung bình thu được càng tăng lên. Thông số cơ bản của phao nổi dạng hình hộp chữ nhật được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Thông số cơ bản của phao hình hộp chữ nhật

Thông số	m_p (kg)	V_p (m ³)	T_z (s)	ω (rad/s)	E_z (N.m)	E (N.m)	η	P (kW)
Hình hộp chữ nhật	275	0,4	2,18	2,87	5052,15	19820,3	25,4	29,56



3. Kết luận

Từ phân tích về nhu cầu năng lượng của Việt Nam, đánh giá đặc điểm làm việc của một số loại thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển trên thế giới cho thấy rằng việc nghiên cứu thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển phù hợp cho vùng biển Việt Nam là vô cùng cần thiết. Nghiên cứu cũng đề xuất mô hình thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng gián tiếp đặt trên bờ, phân tích - tính toán một số thông số cơ bản của phao thu năng lượng, tay cần... Sau đó áp dụng tính công suất trung bình năng lượng sóng cho các khu vực ven biển Việt Nam. Kết quả cho thấy thiết bị đề xuất phù hợp với công nghệ trong nước và có thể đáp ứng nhu cầu chuyển đổi năng lượng của các vùng có điều kiện khó khăn, ven biển, hải đảo,...

Tài liệu tham khảo

1. Panicker N.N. (1976), "Power resource potential of ocean surface waves", In: *Proceedings of the wave and salinity gradient workshop*, Newark, Delaware, USA, J1-J48.
2. Masuda Y. (1986), "An experience of wave power generator through tests and improvement", In: Evans DV, Falcao AFO, editors, *Hydrodynamics of ocean wave energy utilization-iutam symposium Lisbon/Portugal* 1985, Berlin: Heidelberg:Springer-Verlag; 445-52.
3. Whittaker T.J.T., McIlwaine S.J., Raghunathan S. (1993), "A review of the Islay shoreline wave power station", In: *Proc First European Wave Energy Symp*, Edinburgh; 283-6.
4. Bedard R., Previsic M., Hagerman G., Polagye B., Musial W., Klure J., et al. (2007), *North American ocean energy status* - March 2007, In: *Proc 7th European Wave Tidal Energy Conf*, Porto, Portugal.
5. Previsic M., Moreno A., Bedard R., Polagye B., Collar C., Lockard D., et al. (2009), "Hydrokinetic energy in the United States - resources, challenges and opportunities". In: *Proc 8th European Wave Tidal Energy Conf*, Uppsala, Sweden, 76-84.
6. Sjöström P., Sørensen H.C., Thorpe T. (2002), "Wave energy", In: *Europe: current status and perspectives. Renew. Sust. Energy Rev.*, 6(5):405-431.
7. Duckers L. (2004), "Wave energy", In *Renewable energy* (Ed. G. Boyle), 2nd edition, Ch. 8 (Oxford University Press, Oxford, UK).
8. Korde U.A. (2000), "Control system applications in wave energy conversion", In *Proceedings of the OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition*, Providence, Rhode Island, USA, 3:11-14.
9. Nguyễn Mạnh Hùng, Dương Công Điền (2009), *Năng lượng sóng biển khu vực biển Đông và vùng biển Việt Nam*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
10. Hoàng Đình Dũng, Hoàng Văn Tần, Vũ Hữu Hải, Nguyễn Thượng Bằng (2001), *Máy thủy lực*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
11. Hoàng Đức Liên (2007), *Giáo trình kỹ thuật thủy khí*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
12. Michael E.M. (2007), *Ocean Wave Energy Conversion* (copyright by Michael E. McCormick) ISBN - 10: 0486462455.
13. Phùng Văn Ngọc, Nguyễn Thế Mịch, Lê Vĩnh Cần, Đoàn Thị Vân (2014), "Nghiên cứu thiết bị chuyển đổi năng lượng sóng biển thành năng lượng điện dạng phao nổi", *Tạp chí KHCN Thủy lợi*, (21):52-59.