

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

KHOA CƠ - ĐIỆN

BỘ MÔN ĐIỆN KHÍ HÓA

BÁO CÁO HỌC THUẬT

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỔI
NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN THÀNH ĐIỆN NĂNG

Người báo cáo: Ngô Thanh Tuấn

HÀ NỘI, 2025

MỤC LỤC

I. Giới thiệu.....	2
1. Khái niệm và cơ sở vật lý.....	2
2. Công suất sóng lý thuyết.....	3
3. Ưu điểm và Hạn chế.....	3
4. Tình hình triển khai hiện nay	3
5. Khả năng ứng dụng thực tế.....	7
II. Công nghệ chuyển đổi năng lượng sóng.....	8
1. Point Absorber Buoy	8
2. Oscillating Water Column (OWC)	10
3. Attenuator (Rắn biển).....	11
4. Overtopping Device	11
III. Phân tích, lựa chọn mô hình nghiên cứu	12
1. Point Absorber Buoy	12
2. Oscillating Water Column (OWC)	12
3. Attenuator (Rắn biển).....	12
4. Overtopping Device	12
IV. Nghiên cứu mô hình.....	13
V. Kết quả.....	16
Kết luận.....	17

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SÓNG BIỂN THÀNH ĐIỆN NĂNG

I. Giới thiệu

1. Khái niệm và cơ sở vật lý

Sóng biển là các dao động hình sin xuất hiện trên mặt nước do gió thổi. Khi gió thổi qua mặt nước, năng lượng từ gió truyền xuống nước, tạo thành dao động. Năng lượng sóng là **năng lượng cơ học tiềm ẩn** trong:

- Chuyển động dao động thẳng đứng (lên xuống)
- Chuyển động dao động ngang (qua lại)

Năng lượng sóng biển tỷ lệ với:

- Bình phương chiều cao sóng (H^2)
- Chu kỳ sóng (T)



Hình 1. Năng lượng sóng biển tự nhiên

2. Công suất sóng lý thuyết

Công suất dòng sóng truyền trên mỗi mét chiều rộng mặt biển được tính theo công thức gần đúng:

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{64. \pi}$$

Trong đó:

- ρ – mật độ nước biển ($\sim 1025 \text{ kg/m}^3$)
- g – gia tốc trọng trường (9.81 m/s^2)
- H – chiều cao sóng (m)
- T – chu kỳ sóng (s)

Ví dụ: Với sóng cao 2m và chu kỳ 7s $\rightarrow$ Công suất $\approx 40\text{--}50 \text{ kW/m}$.

3. Ưu điểm và Hạn chế

Ưu điểm

Nguồn năng lượng liên tục, ổn định, ít phụ thuộc thời tiết

Không chiếm đất, không gây ô nhiễm không khí

Có thể kết hợp gió – sóng – mặt trời ngoài khơi

Phù hợp vùng ven biển, đảo xa

Hạn chế

Chi phí đầu tư ban đầu cao

Kỹ thuật triển khai và bảo trì còn phức tạp

Ảnh hưởng đến sinh thái biển nếu thiết kế sai

Hiệu suất còn phụ thuộc điều kiện sóng địa phương

4. Tình hình triển khai hiện nay

- Dự án thử nghiệm:

- WaveRoller (Phần Lan)
- Pelamis (Anh)
- Mutriku Plant (Tây Ban Nha) – nhà máy thương mại đầu tiên
- Việt Nam: mới chỉ ở mức nghiên cứu – tiềm năng lớn ở Trung Bộ và Nam Trung Bộ (sóng ổn định, độ cao 1.5–2.5m).

Việt Nam có chiều dài bờ biển hơn 3260 km, vùng đặc quyền kinh tế rộng 200 hải lý, là điều kiện thuận lợi để phát triển năng lượng sóng biển. Việc tìm hiểu, khai thác nguồn năng lượng vô tận này để tận dụng tối đa tài nguyên sẵn có là điều rất cần thiết để phát triển kinh tế bền vững.

Việt Nam nằm trong nhóm 10 nước có tiềm năng năng lượng sóng biển tốt nhất thế giới.

Trên thế giới có nhiều quốc gia đã đưa vào ứng dụng thực tế các trạm phát điện bằng năng lượng sóng biển cung cấp cho các khu dân cư, đặc biệt là các hải đảo xa bờ với công suất phổ biến từ 50 kW, 100 kW, 300 đến 500 kW. Hiện nay đã có trên 30 quốc gia đầu tư nghiên cứu công nghệ khai thác nguồn năng lượng này với kinh nghiệm hơn 20 năm.



Hình 2. Công nghệ chuyển đổi năng lượng sóng biển

Việt Nam có tiềm năng rất lớn trong việc khai thác năng lượng sóng biển.

Tiềm năng năng lượng sóng biển ở các khu vực trên thế giới là rất khác nhau. Châu Âu là khu vực đi đầu trong việc ứng dụng năng lượng sóng biển với 4 dự án khai thác thương mại. Giá thành điện năng từ năng lượng sóng biển hiện nay đã giảm 80% so với 20 năm vừa qua nhờ những tiến bộ về máy móc thiết bị và tối ưu hóa trong kết cấu khai thác.

Theo kết quả nghiên cứu của Viện Nghiên cứu Biển và Hải đảo, tổng công suất năng lượng sóng thế giới khai thác được mỗi năm là 212 TWh/ năm, chiếm gần 1% tổng giá trị toàn cầu và 90% nhu cầu tiêu thụ điện năng của Việt Nam. Với hơn 3000 km bờ biển, Việt Nam có tiềm năng rất lớn trong việc khai thác năng lượng sóng biển. Tuy nhiên, loại năng lượng tái tạo vô tận này vẫn chưa được quan tâm, đầu tư một cách đúng mức.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy năng lượng sóng dọc bờ biển nước ta rất phong phú. Dòng năng lượng trung bình yếu nhất đạt 15kW/m, mạnh nhất là 30 kW/m. Trong đó Vịnh Hạ Long (Quảng Ninh) và vịnh Gành Rái (Bà Rịa – Vũng Tàu) đủ điều kiện để xây dựng nhà máy thủy điện thủy triều. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu áp dụng tuabin kỹ thuật sóng – kỹ thuật điện sóng để vừa thu được nguồn năng lượng lại chống xói lở cho những công trình ven biển.

Sóng biển là nguồn năng lượng vô cùng tiềm năng và vô tận. Giá thành điện năng sản xuất từ nguồn năng lượng này ngày càng giảm nhờ công nghệ khai thác ngày càng tiên tiến, tối ưu. Việt Nam sở hữu điều kiện tự nhiên rất thuận lợi để đầu tư nghiên cứu, triển khai công tác khai thác nguồn năng lượng đặc biệt này.

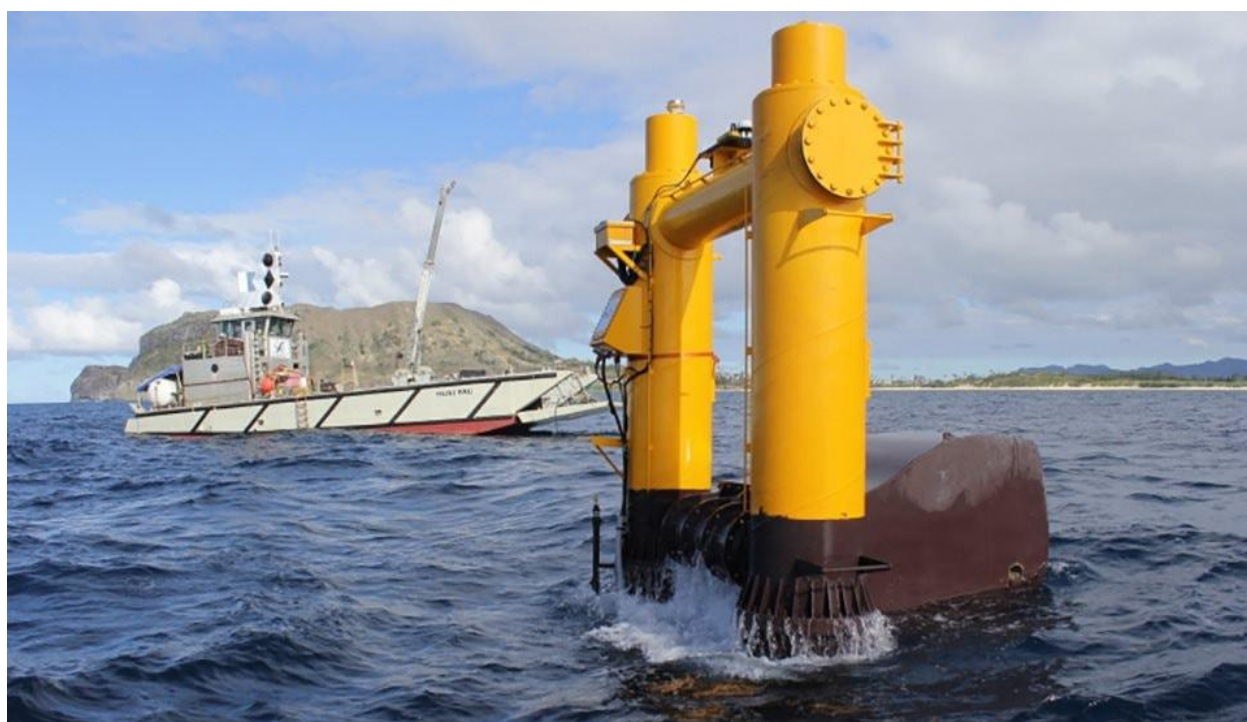
Theo giới chuyên gia, năng lượng sóng biển trên lý thuyết Việt Nam có thể trong nhóm 10 nước có tiềm năng năng lượng sóng biển tốt nhất thế giới, nếu sử dụng được điện năng từ sóng biển, đặc biệt khi công nghệ sản xuất điện sóng ngày càng tiến bộ thì điện từ sóng biển sẽ có thể đóng góp vai trò quan trọng

trong việc sử dụng năng lượng xanh, đa dạng hóa nguồn năng lượng góp phần trong an ninh năng lượng quốc gia thúc đẩy phát triển kinh tế-xã hội.

Cần giải pháp đồng bộ để tận dụng tốt tiềm năng

Rào cản lớn nhất hiện nay đối với điện sóng ở Việt Nam nói chung và điện sóng biển nói riêng, đó là giá thành điện sóng còn cao do vốn đầu tư ban đầu tương đối lớn.

Để phát triển điện sóng biển, tạo điều kiện cho điện sóng biển cạnh tranh được với những nguồn điện khác như thủy điện, nhiệt điện thì cần phải hạch toán đầy đủ các chi phí để đưa vào giá thành của các nguồn điện này. Giá thành thủy điện hiện nay còn rẻ vì chưa tính đến tiền đất chiếm dụng lòng hồ, tiền phá rừng để làm hồ chứa, chi phí phát sinh về xã hội do phải tái định cư...



Hình 3. Công nghệ chuyển đổi năng lượng sóng biển

Trong vài năm gần đây, điện sóng biển mới được triển khai mạnh mẽ. Tuy nhiên do nhu cầu tăng nhanh kết hợp với tiềm năng lớn nên tốc độ phát triển điện sóng biển tăng nhanh ở nhiều nước như Anh, Đan Mạch, Trung Quốc, Bỉ, Đức... Vì vậy, công nghệ khai thác năng lượng sóng trên biển cũng không ngừng

phát triển. Ở Việt Nam hiện mới chỉ có các công trình nghiên cứu đánh giá tiềm năng khai thác sử dụng năng lượng sóng biển trên lý thuyết, chứ chưa có một công trình cụ thể nào.

Nước ta có tiềm năng rất lớn về năng lượng tái tạo nhưng cho tới nay vẫn chưa có những nghiên cứu đầy đủ, cụ thể và chính xác rằng tiềm năng đó là bao nhiêu, khả năng khai thác và sử dụng đến mức độ nào.

Chính vì vậy cần tăng cường đầu tư cho những nghiên cứu cơ bản về năng lượng tái tạo để có số liệu đầy đủ, hệ thống và tin cậy về tiềm năng khai thác, sử dụng năng lượng tái tạo cho phát điện cho từng vùng, miền ở Việt Nam

Ngoài ra, cần thành lập trạm quan trắc đo các thông số kỹ thuật về sóng biển (ven bờ, ngoài khơi) như tốc độ, mật độ.... Bộ số liệu về sóng biển cấp quốc gia tại Việt Nam hiện nay là chưa có, cần nghiên cứu về định hướng trang thiết bị, đào tạo nguồn nhân lực, và giao cơ quan chủ trì thực hiện đo sóng và công bố bộ số liệu về gió hàng năm phục vụ việc khai thác và sử dụng năng lượng sóng biển hiệu quả nhất.

Năng lượng tái tạo đang dần chiếm tỷ trọng đáng kể trong hệ thống năng lượng của nước ta, mặt khác với tính đa dạng và phân tán, chưa có chính sách cụ thể, chưa có cơ quan chuyên trách quản lý phát triển, nên năng lượng tái tạo ở nước ta thời gian qua phát triển chậm. Cụ thể, cần đưa ra các mốc thời gian cho từng bước, từng giai đoạn và đề xuất các đơn vị tham gia xây dựng đề án khả thi. Nên ưu tiên mô hình nguồn điện tập trung có lưới tải và phân phối điện mini 220V-50Hz.

5. Khả năng ứng dụng thực tế

a. Phát điện quy mô lớn (Offshore Farms)

- Ứng dụng cho khu vực có sóng mạnh quanh năm (Na Uy, Bồ Đào Nha, Anh, Chile).

- Kết nối song song nhiều thiết bị thành trang trại sóng biển, tương tự như điện gió ngoài khơi.

b. Cung cấp điện cho đảo và vùng biệt lập

- Ở những nơi như Côn Đảo, Lý Sơn, Phú Quý, chi phí vận chuyển nhiên liệu hóa thạch rất cao.
- Hệ sóng biển kết hợp pin dự trữ hoặc hybrid năng lượng mặt trời/gió giúp cấp điện 24/7.

c. Hệ thống cảm biến – tự cấp điện

Dùng để cung cấp năng lượng cho:

- Phao định vị hàng hải
- Thiết bị đo thủy triều, cảm biến sóng, radar thời tiết
- Trạm viễn thông ngoài khơi

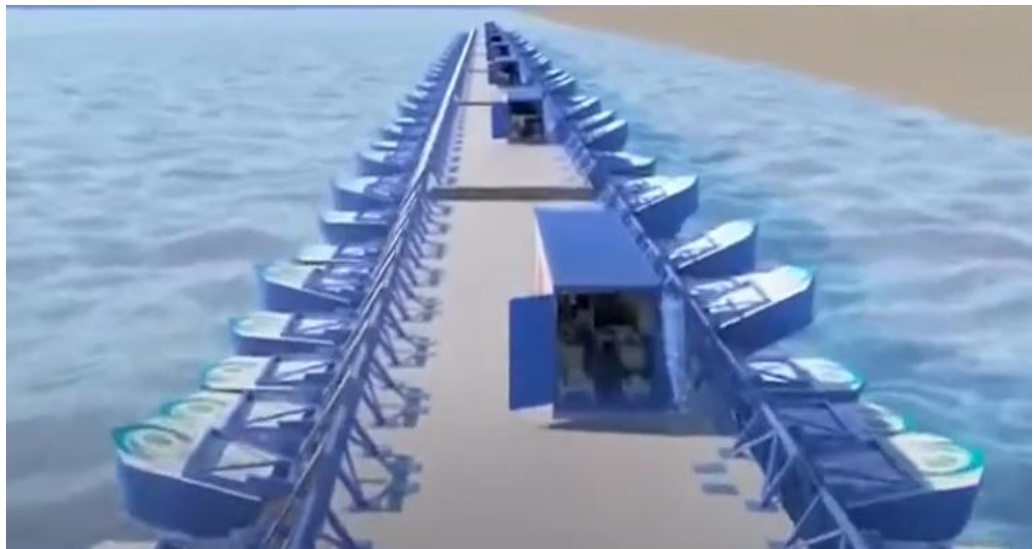
d. Khử mặn nước biển

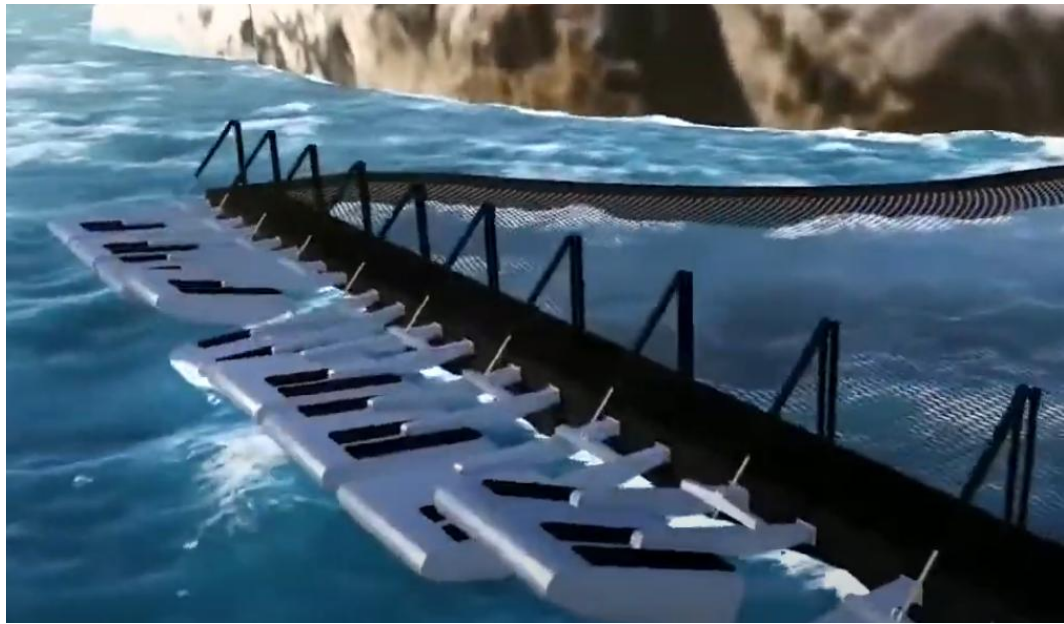
- Dùng năng lượng sóng để chạy hệ thống RO (Reverse Osmosis), cung cấp nước ngọt cho hải đảo, tàu biển, giàn khoan.

II. Công nghệ chuyển đổi năng lượng sóng

1. Point Absorber Buoy

- Là một **phao nhỏ nổi trên mặt nước**, chuyển động lên xuống do sóng.
- Chuyển động này được truyền xuống hệ thống **piston, bánh răng, hoặc thủy lực**, làm quay máy phát điện.

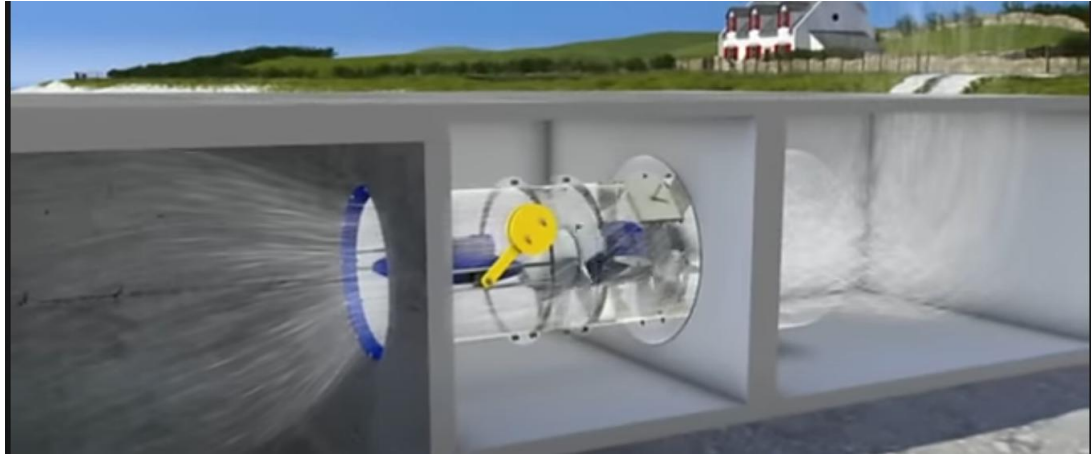




Hình 4. Công nghệ Point Absorber Buoy

2. Oscillating Water Column (OWC)

- Dẫn sóng biển vào ống kín có không khí bên trong. Sóng lên → ép không khí qua **tuabin Wells** → quay phát điện.



Hình 5. Công nghệ Oscillating Water Column (OWC)

3. Attenuator (Rắn biển)

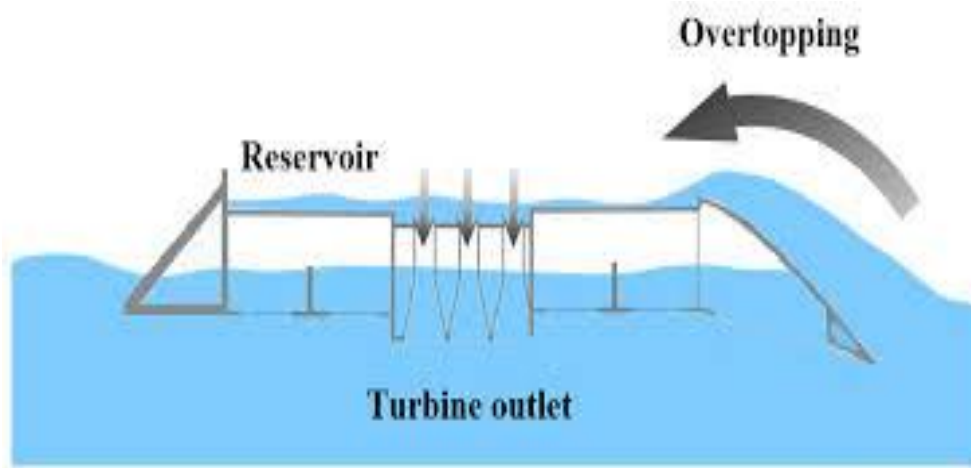
- Cấu trúc dài nằm song song mặt sóng. Khi sóng đi qua → cấu trúc gập ghềnh theo phương ngang → sinh mô-men xoắn → phát điện.



Hình 6. Công nghệ Attenuator

4. Overtopping Device

- Gồm một đê chắn sóng và hồ chứa phía trên. Sóng tràn vào hồ → chảy qua tuabin xuống biển → phát điện (giống thủy điện mini).



Hình 7. Công nghệ Overtopping Device

III. Phân tích, lựa chọn mô hình nghiên cứu

1. Point Absorber Buoy

Ưu điểm: Cấu trúc đơn giản, dễ lắp đặt nhiều đơn vị song song; Hiệu suất khai thác cao với sóng đều.

Nhược điểm: Chịu ảnh hưởng mạnh bởi sóng lớn, bão biển.

2. Oscillating Water Column (OWC)

Ưu điểm: Không có phần cơ khí ngập nước → ít bị ăn mòn.

Nhược điểm: Hiệu suất trung bình, yêu cầu thiết kế phù hợp biên độ sóng.

3. Attenuator (Rắn biển)

Ưu điểm: Hoạt động tốt ở vùng biển xa, sóng dài.

Nhược điểm: Cấu trúc lớn, đắt tiền và phức tạp.

4. Overtopping Device

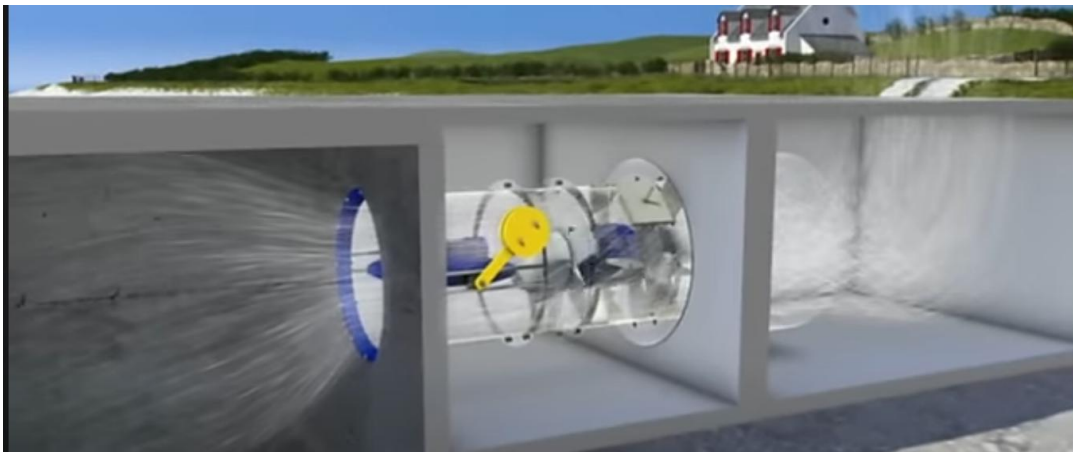
Ưu điểm: Tích hợp tốt với cảng biển, dễ kết hợp với hạ tầng khác.

Nhược điểm: Cần công trình lớn, ảnh hưởng môi trường biển gần bờ.

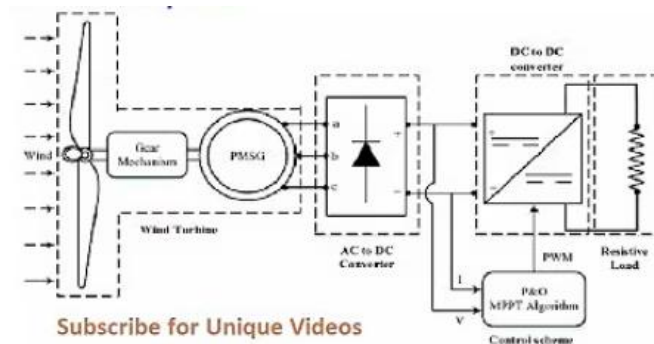
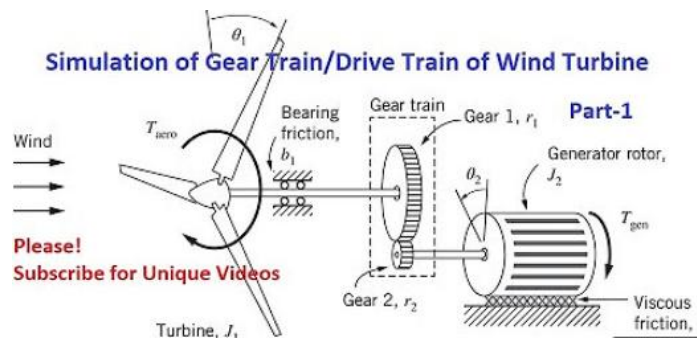
Với điều kiện và khí hậu của Việt Nam, tác giả ưu tiên lựa chọn mô hình Oscillating Water Column là phù hợp, vì tính chất ổn định của sóng.

IV. Nghiên cứu mô hình

Mô hình nghiên cứu được lựa chọn là mô hình Oscillating Water Column (OWC). Khi sóng biển lên hoặc xuống, sẽ ép luồng không khí chạy qua ống dẫn, từ đó tạo sức gió làm quay tua pin của máy phát. Điều này, cơ cấu chuyển đổi đổi từ lực của không khí làm quay các quạt của tuabin máy phát. Hệ thống này, tương tự như hệ thống năng lượng gió hoặc hệ thống năng lượng hơi nước ở nhà máy nhiệt điện.

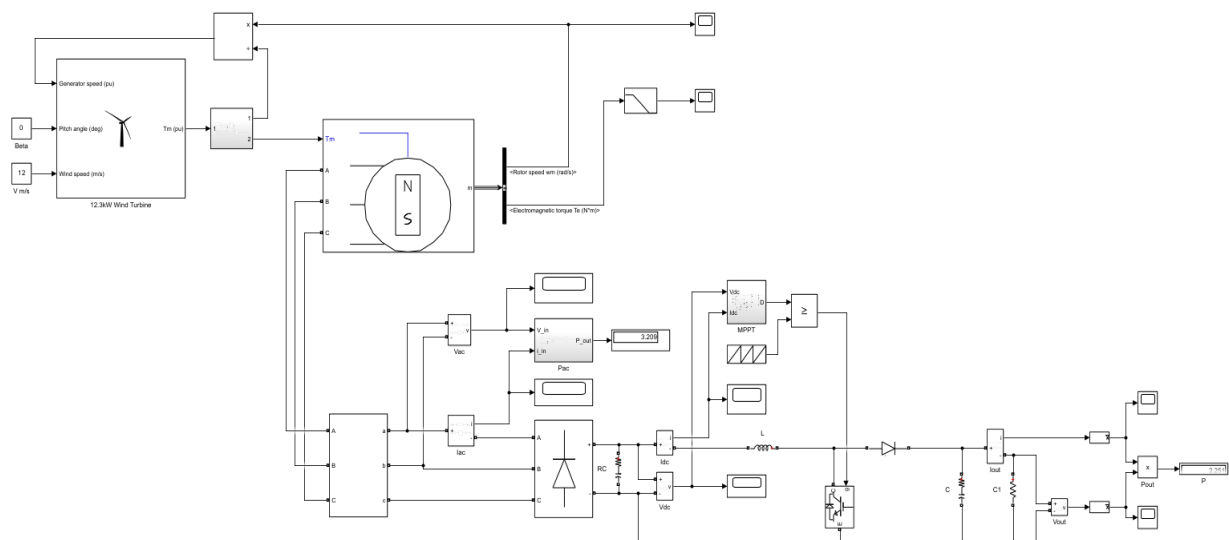


Hình 8. Công nghệ Oscillating Water Column (OWC)



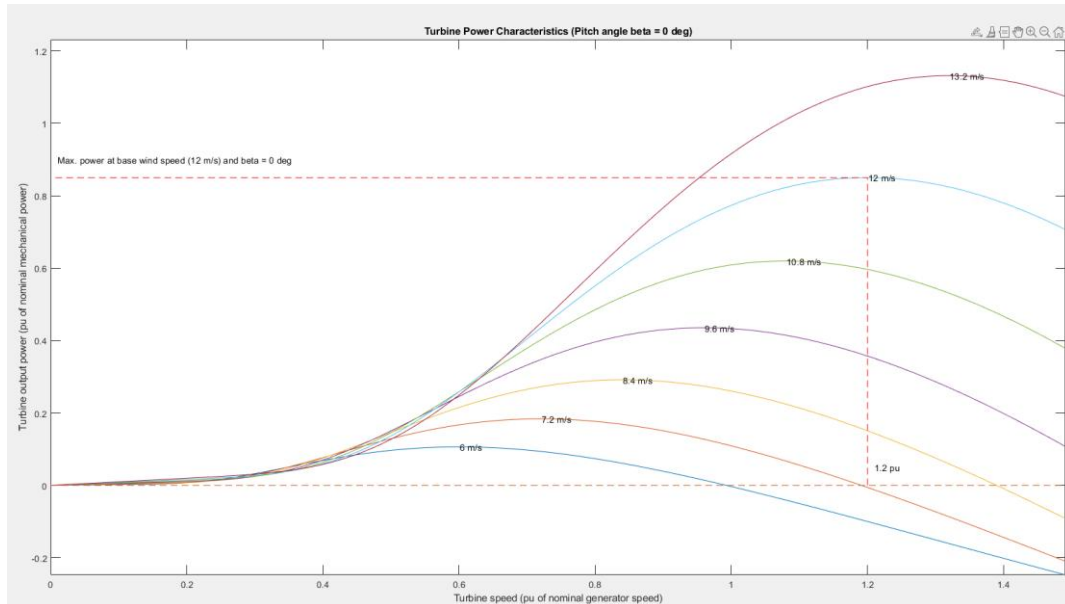
Hình 9. Mô hình cơ bản công nghệ Oscillating Water Column (OWC)

Ở đây, tác giả sử dụng simulink matlab để mô phỏng quá trình chuyển đổi như sau:



Hình 10. Mô hình công nghệ Oscillating Water Column (OWC) trong Matlab - Simulink

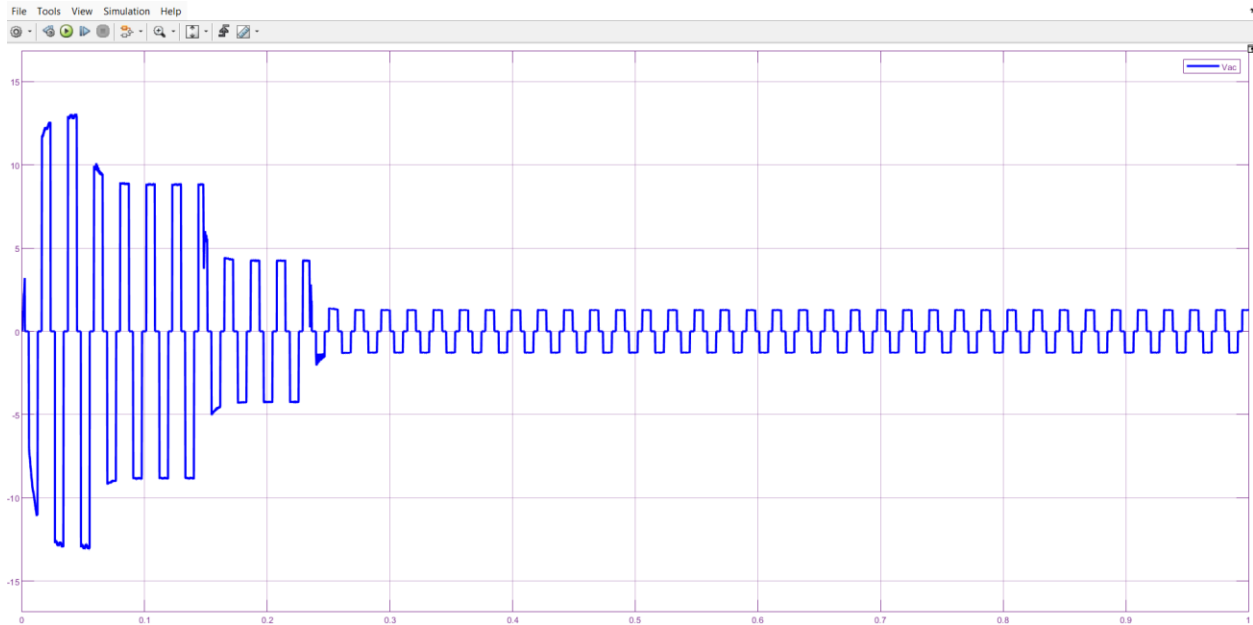
Giả lập sóng biển qua tạo ra sức gió trong buồng không khí với tốc độ gió là 12m/s. Hướng gió đập vuông góc với hệ thống cánh quạt (góc $\theta = 0$). Việc thiết kế tạo ra như thế này, nhằm tạo ra lực tác động lên cánh quạt là lớn nhất, nên moment làm quay trục rotor của máy phát điện cũng là lớn nhất.



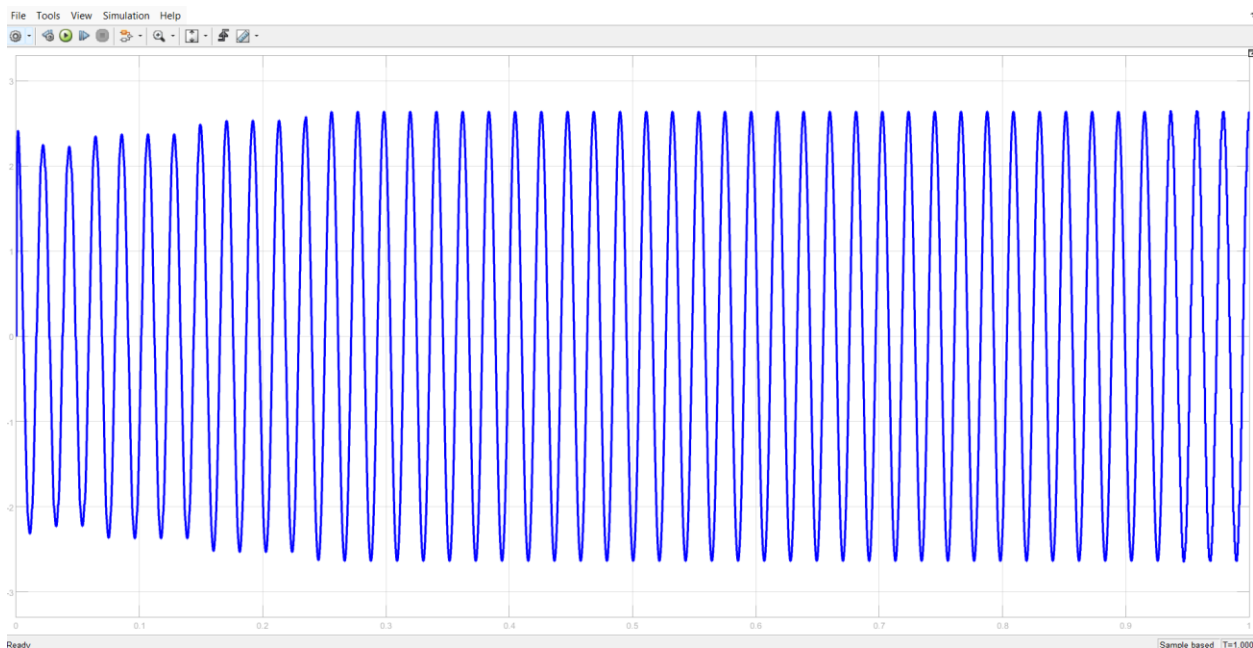
Hình 10. Đặc tính hệ số công suất đầu ra của tuabin gió

Bộ chuyển đổi năng lượng cơ học từ tua bin gió được sử dụng ở đây là máy phát đồng bộ Nam châm vĩnh cửu, đầu ra là điện áp xoay chiều 3 pha, với thông số đầu vào là moment của trục máy phát.

V. Kết quả



Hình 11 Đồ thị đặc tính điện áp đầu ra của máy phát đồng bộ 3 pha nam châm vĩnh cửu



Hình 12 Đồ thị dòng điện đầu ra của máy phát đồng bộ 3 pha

Từ chương trình mô phỏng nghiên cứu bằng Matlab, có thể thấy rằng, với sức gió là 12m/s được tạo ra từ năng lượng sóng biển ta có thể thu được điện

áp đầu ra từ máy phát đồng bộ như trên hình 11 và dòng điện xoay chiều đầu ra như hình 12.

Kết luận.

Từ kết quả nghiên cứu, có thể thấy rằng, việc chuyển đổi năng lượng sóng biển thành điện năng là xu thế tất yếu, hoàn toàn khả thi. Đặc biệt, với tiềm năng năng lượng sóng biển của Việt Nam là một trong những điều kiện phù hợp để thúc đẩy, xây dựng những nhà máy phát điện từ năng lượng sóng biển. Đây cũng là xu thế tất yếu cho sự phát triển trong tương lai từ những nguồn năng lượng sạch mà thế giới đều định hướng tiến đến.