

Nghiên cứu phân tích khả năng phát triển nhà máy thủy điện sóng để thay thế diesel tại đảo An Bình, Lý Sơn

Trần Thị Thu Trà*

Công ty TNHH MTV Năng lượng sóng sao biển Đông, 40 Xuân La, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Tóm tắt: Đảo An Bình (Lý Sơn) được cấp điện 24/24 từ hệ hybrid gồm các tấm năng lượng mặt trời (PV) + pin + diesel. Sản lượng điện sử dụng diesel chiếm tới 2/3 tổng sản lượng điện phát ra (2023) và phát thải gần 200 tấn CO₂/năm. Để có thể thay thế diesel bằng hệ PV + pin cần phải bổ sung quỹ đất để phát triển các tấm PV và đầu tư bổ sung pin trong bối cảnh giá pin còn cao và quỹ đất hạn hẹp. Trong khi đó, đảo An Bình thuộc vùng có tiềm năng năng lượng sóng tốt nhất Việt Nam và thuộc nhóm cao trên thế giới. Bài báo phát triển công nghệ OWC sử dụng trong dự án năng lượng sóng thành công nhất trên thế giới và đề xuất nhà máy thủy điện sóng. Kết quả phân tích so sánh với hệ tham chiếu PV + pin cho thấy việc triển khai nhà máy thủy điện sóng là hướng đi triển vọng cho lộ trình thay thế diesel tại đảo An Bình.

Từ khóa: công nghệ OWC, nhà máy thủy điện sóng, đảo An Bình, hệ hybrid pin + PV, thay thế diesel.

Chỉ số phân loại: 3.4.1

A Study on the Feasibility of Developing a Wave Hydro Power Plant to Replace Diesel on An Binh Island, Ly Son

Abstract

An Binh Island (Ly Son district) currently receives 24/7 electricity supply from a hybrid system comprising photovoltaic (PV) panels, batteries, and diesel generators. However, diesel still accounts for up to two-thirds of the island's total electricity generation in 2023, resulting in nearly 200 tons of CO₂ emissions annually. Replacing diesel with a PV + battery system would require additional land for PV deployment and substantial investment in battery storage—challenges that are compounded by limited land availability and high battery costs. Meanwhile, An Binh Island is located in one of the regions with the highest wave energy potential in Vietnam and ranks among the top globally. This paper focuses on the development of Oscillating Water Column (OWC) technology based on the world's most successful wave energy project, and proposes a wave power plant for the island. Comparative analysis with the PV + battery reference system indicates that deploying a wave power plant offers a promising pathway for replacing diesel and decarbonizing An Binh Island's energy system.

Keywords: OWC technology, wave hydro power plant, An Binh Island, hybrid PV+battery system, replacement diesel.

Classification numbers: 3.4.1

* Tác giả liên hệ: Email: tratTT@esswe.com.vn

1. Đặt vấn đề

Xã đảo An Bình có diện tích 0,69 km² với gần 100 hộ dân, thuộc vùng đặc biệt khó khăn Theo Quyết định số 353/QĐ-TTg ngày 15/3/2022 của Thủ tướng Chính phủ về Phê duyệt danh sách huyện nghèo, xã đặc biệt khó khăn vùng bãi ngang, ven biển và hải đảo giai đoạn 2021-2025. Đảo không có nước ngọt và không được nối với lưới điện quốc gia. Hệ hybrid gồm các tấm quang năng PV, pin và diesel chỉ đáp ứng nhu cầu cơ bản của cư dân đảo. Ngoài việc phát thải hàng trăm tấn CO₂ do phát điện diesel trong khi đảo được quy hoạch là khu du lịch, giá thành cung cấp điện ước cao khoảng gấp 4 lần giá bán điện bình quân theo quy định của Chính phủ nên EVN đang phải bù chéo với điện sử dụng trong đất liền. Về nước ngọt, ngoài nước mưa, đảo được cung cấp từ nhà máy lọc nước RO do DOOSAN tài trợ. Nhà máy lọc nước RO là phụ tải điện lớn nhất, tiêu thụ điện khoảng 4-5 kWh cho 1 m³ nước sản xuất nên giá thành vượt xa giá bán nước sinh hoạt trong đất liền. Hàng năm, ngân sách nhà nước đang cấp bù phần chênh lệch giữa giá thành sản xuất nước và giá nước quy định trong đất liền cho lượng nước định mức của cư dân đảo. Phần nước ngọt ngoài định mức, cư dân đảo phải mua ngoài, nhiều khi với giá gấp hàng chục lần giá bán nước sinh hoạt trong đất liền.

Trong khi đó An Bình có tiềm năng phát triển năng lượng tái tạo từ gió, mặt trời và sóng. Tiềm năng năng lượng gió thuộc nhóm trung bình với tốc độ gió trung bình các tháng dao động từ 2,7 đến 6,4 m/s. Tuy nhiên đảo thuộc nhóm có bão mạnh, trung bình một năm có từ 0,7 – 1 cơn bão với gió giật trong bão có thể đạt cấp 15 – 16 theo cấp gió Beaufort [1] nên việc phát triển điện gió có những hạn chế nhất định. Bức xạ trung bình của An Bình là 4,7 kWh/ngày/m² với số giờ nắng khoảng 2430 giờ, thuộc nhóm trung bình trong cả nước, có tiềm năng khá tốt để phát triển [2]. Lý Sơn thuộc vùng biển từ Đà Nẵng đến Ninh Thuận với tiềm năng năng lượng sóng tốt nhất Việt Nam, với năng lượng sóng lớn nhất khoảng 50-60 kW với gió mùa đông bắc và khoảng 25 kW với gió mùa tây nam [3,10].

Trong bối cảnh đảo An Bình được quy hoạch là khu vực du lịch dịch vụ, yêu cầu giảm thiểu sản lượng điện phát từ diesel là cần thiết, nguồn đất cho phát triển năng lượng mặt trời hạn chế, trong khi đảo An Bình là một trong các vùng có tiềm năng năng lượng sóng tốt nhất Việt Nam, bài báo đề xuất mô hình năng lượng sóng để phát điện thay thế cho diesel, giảm giá thành cung cấp điện và bổ sung nguồn cấp nước cho nhà máy lọc nước RO.

2. Tổng quan về công nghệ năng lượng sóng

Năng lượng sóng có tính ổn định, dễ dự báo với mật độ năng lượng theo m² trung bình 2 – 3 kW, gấp 10 lần so với điện mặt trời. Thêm vào đó, năng lượng sóng có chu kỳ ngắn, khoảng vài giây nên nhu cầu tích trữ của năng lượng sóng không đáng kể so với năng lượng mặt trời hay gió. Vấn đề là công nghệ điện sóng đang ở giai đoạn đầu phát triển. Từ năm 2000, đầu tư toàn cầu cả trong khu vực công và tư lên đến hàng tỷ USD hàng năm cho nghiên cứu phát triển điện mặt trời. Sau 10 năm (năm 2010) bước ngoặt đột phá phát triển đến với điện mặt trời với mức chi phí sản xuất điện bình quân (LCOE) giảm mạnh, đến năm 2023 giảm hơn 85 - 90% so với năm 2000 (còn khoảng 0,04 – 0,06 USD/kWh). Tính theo sản lượng điện có thể phát ra thì giá thành điện mặt trời đã thấp hơn nhiệt điện than/khí ở nhiều khu vực dẫn đến sự bùng nổ công suất điện mặt trời trên toàn cầu tăng với tổng công suất trên 1200 GW, gần 1000 lần so với năm 2000. Với sự gia tăng điện mặt trời trong cơ cấu phát điện, điểm yếu của điện mặt trời cũng bắt đầu được nhận dạng. Do tính không liên tục của điện mặt trời, các nguồn điện xanh khác phải bổ sung và/hoặc phải lắp pin tích trữ đi

kèm. Khi tính đến yếu tố này thì giá thành thực sự của điện mặt trời không còn thấp nữa, đặc biệt với điều kiện biển đảo khi giá pin tích trữ vẫn đang ở mức rất cao.

Có nhiều nguyên nhân cho thành tựu tương đối khiêm tốn của năng lượng sóng so với năng lượng mặt trời. Thứ nhất là đầu tư cho năng lượng sóng khá nhỏ, cụ thể là đầu tư cho nghiên cứu phát triển công nghệ sóng năm 2023 trên toàn cầu không bằng đầu tư cho điện mặt trời những năm 2000[12]. Thứ hai, các thành tựu vượt bậc của điện mặt trời cũng là rào cản cho đầu tư và công nghệ sóng. Thứ ba, cường quốc đi đầu trong đầu tư nghiên cứu và phát triển điện mặt trời là Trung Quốc lại không phải là quốc gia có tiềm năng năng lượng sóng tốt. Thiếu đầu tư cho nghiên cứu phát triển được coi là nguyên nhân chính dẫn đến giá thành công nghệ sóng điện còn khá cao, dao động từ 0,18 – 1 USD/kWh.

Hiện nay các công nghệ chuyển đổi điện sóng chính đang được nghiên cứu phát triển và hoàn thiện gồm:

- OWC (Oscillating Water Column): sử dụng dao động mặt nước để tạo luồng không khí chuyển động làm quay tua-bin.
- Point absorber: thiết bị phao thu năng lượng dao động.
- Attenuator: hệ thiết bị dạng ống dọc theo hướng sóng.

Trong đó khai thác năng lượng sóng với công nghệ OWC được nghiên cứu phát triển nhiều nhất trong các công nghệ sóng. Công nghệ OWC là công nghệ chuyển đổi năng lượng sóng biển thành điện năng thông qua chuyển động lên xuống của một cột nước trong buồng kín. Khi sóng biển đi vào buồng chứa một phần không khí và một phần nước, mực nước trong buồng dâng đầy không khí phía trên qua turbine ra ngoài. Khi sóng rút, mực nước trong buồng hạ, tạo lực hút kéo không khí bên ngoài qua turbine vào buồng. Turbine sử dụng trong công nghệ OWC là loại turbine đặc biệt luôn quay theo một chiều nhất định dù dòng khí qua turbine đảo chiều. Công nghệ OWC cho phép tách rời phần chuyển động (turbine) khỏi môi trường biển và turbine gió (chất lưu là không khí) được sử dụng để phát điện nên tác động môi trường giảm thiểu, tuổi thọ của thiết bị tăng và chi phí bảo dưỡng vận hành giảm. Bên cạnh áp dụng công nghệ OWC để phát điện, bơm nước sử dụng nguyên lý OWC cũng đã được nghiên cứu phát triển. Trong bơm sóng OWC nối tiếp, buồng OWC thứ hai được bổ sung, nối với buồng OWC thứ nhất tại khe không khí phía trên. Hai buồng OWC được thiết kế phù hợp để dao động ở cột nước tại buồng OWC thứ hai được khuếch đại so với dao động ở cột nước ở buồng OWC thứ nhất, đảm bảo đưa nước lên cao.

Hiện nay trên thế giới, duy nhất có dự án điện sóng Mutriku sử dụng công nghệ OWC là phát điện thương mại ổn định. Điểm khác biệt của công nghệ dự án so với các công nghệ sóng đang được nghiên cứu phát triển hiện nay là không có bộ phận cơ khí vận hành trong nước biển. Dự án gồm 16 buồng không khí bằng bê tông, tích hợp với đế chắn sóng và 16 turbine Wells có tổng công suất 296 kW. Dự án có tổng mức đầu tư là 6,4 triệu USD trong đó phần xây dựng là 4,4 triệu USD và phần điện là 2 triệu USD. Dự án được đưa vào vận hành tháng 7/2011 và phát điện thương mại ổn định với sản lượng điện bình quân tổng cộng đến hết năm 2023 trên 3 GWh, tương ứng bình quân năm khoảng 300 MWh bằng khoảng 1/2 so với thiết kế [5].

3. Hiện trạng cấp điện tại đảo An Bình (Lý Sơn)

Năm 2017, EVNCPD đầu tư hệ thống điện mặt trời + ắc quy với tổng mức đầu tư là 10,8 tỷ VNĐ [6], gồm 300 tấm quang năng (PV) với công suất 96 kWp, 5 bộ Inverter nối lưới 100 kW, 192 ắc

quy với tổng dung lượng 9600 Ah tại 48 VDC và 12 bộ Inverter ắc quy tổng công suất 72 kW. Bộ ắc quy với dung lượng tổng cộng 460 kWh, chỉ đủ cung cấp phụ tải đêm cho các ngày trong tháng 9 đến tháng 3 năm sau và một phần phụ tải đêm cho các tháng còn lại. Vì vậy, 4 tổ máy diesel công suất tổng 720 kVA được lắp đặt để hỗ trợ thêm vào buổi đêm từ tháng 4 đến tháng 8 và cho những ngày không có nắng. Điện thương phẩm ước đạt 300 MWh năm 2023 với nhu cầu điện cực đại vào tháng 5 (75 kW). Phụ tải lớn nhất là nhà máy lọc nước RO nhu cầu công suất cực đại 20 kW. Do điều kiện thực tế thời tiết khắc nghiệt tại biển đảo, tại An Bình đã có 17 tấm quang năng bị hỏng do bão, ¼ Inverter đã hỏng cần phải thay thế, và sản lượng thực tế khai thác không đạt thiết kế (năm 2023 phát được 66 MWh, tương ứng 40% sản lượng thiết kế). Kết quả là điện sản xuất từ diesel năm 2023 là 248 MWh (chiếm 79% cơ cấu sản xuất điện) [7,9] với lượng CO₂ phát vào khí quyển tương ứng khoảng 200 tấn CO₂.

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân tích định lượng giá thành sản xuất điện tham chiếu và phân tích kỹ thuật công nghệ điện sóng tốt nhất, đề xuất các giải pháp hoàn thiện công nghệ để giảm giá thành và so sánh với giá thành sản xuất điện tham chiếu để phân tích khả năng phát triển công nghệ năng lượng sóng tại An Bình. Cụ thể như sau:

b1. Xác định giá sản xuất điện tham chiếu tại An Bình khi hệ hybrid PV + pin đảm bảo thay thế diesel (diesel chỉ sử dụng để dự phòng)[11]:

Để đảm bảo hệ PV + pin có thể thay thế diesel, dung lượng pin S phải đảm bảo cung cấp điện cho 1 ngày phụ tải điển hình của tháng lớn nhất:

$$S = \max_{i=1 \div 12} \sum_{j=1}^{24} D_{i,j}$$

trong đó: D_j là nhu cầu công suất giờ j ngày điển hình tháng i.

Công suất PV của hệ PV được xác định trên nguyên tắc đảm bảo tích trữ sản lượng điện dư thừa ban ngày đủ cung cấp cho phụ tải khi không có nắng.

$$PV = \min_{i=1 \div 12} \sum_{j=1}^{24} P_{i,j} - D_{i,j}$$

trong đó: P_{i,j} và D_{i,j} là công suất phát của hệ PV và nhu cầu công suất giờ j của ngày điển hình tháng i và $\sum_{j=1}^{24} P_{i,j} - D_{i,j} > 0$ với $\forall i = 1 \div 12$

Chi phí điện quy dẫn (LCOE) của hệ hybrid được tính theo công thức sau đây:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + O_t + R_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

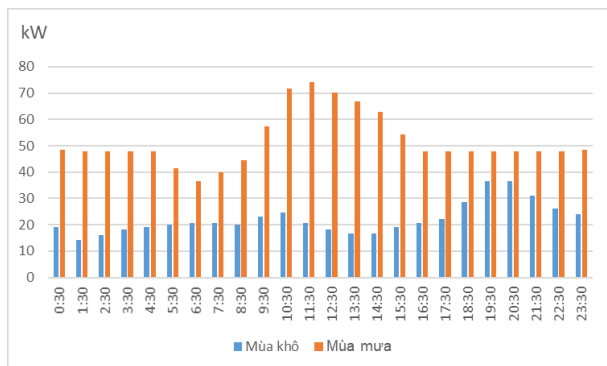
Trong đó: n: số năm tính toán; I_t, O_t, R_t: tương ứng là chi phí đầu tư, chi phí bảo dưỡng và vận hành và chi phí thay thế năm t, E_t: điện năng sản xuất năm t, r: hệ số chiết khấu.

b2. Đề xuất công nghệ điện sóng trên cơ sở phát triển công nghệ OWC của Mutriku. Ước sơ bộ giá LCOE của công nghệ đề xuất.

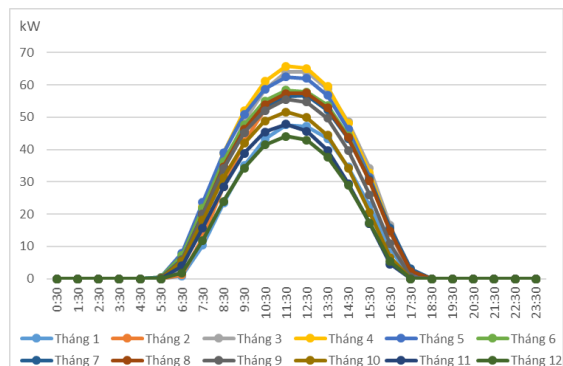
5. Kết quả và thảo luận

5.1 Tính toán LCOE của hệ thống điện tham chiếu

- Giả thiết tính toán: Bức xạ Lý Sơn được lấy từ trang web PVGIS theo giờ của 17 năm quá khứ (từ 2006 đến 2023).



Hình 1: Phụ tải An Bình ngày điển hình mùa khô và mùa mưa



Hình 2: Công suất phát điện mặt trời An Bình ngày điển hình 12 tháng

Bức xạ ngày điển hình của tháng được tính từ số liệu trung bình của 17 năm. Giá Pin là 400 USD/kWh. Suất đầu tư hệ PV + Inverter là 700 USD/kW. Chi phí O&M cho hệ PV + pin là 15 US\$/kW.năm. PV có tuổi thọ 25 năm và pin là 12 năm (giả thiết pin được nạp/xả 1 lần/ngày đêm). Hệ số chiết khấu 7%.

- Kết quả tính toán

Giá thành sản xuất điện quy dẫn (LCOE) của hệ hybrid hiện tại tại đảo An Bình là 0,47 USD/kWh (tương đương 12.338 VNĐ/kWh), cao hơn giá điện sản xuất từ diesel do CAPEX của pin lớn (750 USD/kWh) trong khi dung lượng pin lắp đặt là 460 kWh quá lớn so với công suất điện mặt trời dư thừa nhưng lại không đủ để cung cấp cho phụ tải 1 ngày không có nắng.

Với phương án thay thế diesel bằng hệ PV + pin, dung lượng pin tích trữ đảm bảo cung cấp cho 1 ngày phụ tải lớn nhất trong năm là 1242 kWh, cao gấp 2,7 lần dung lượng dự trữ hiện tại. Mặc dù tháng 8 sản lượng điện mặt trời khá cao nhưng do nhu cầu phụ tải cao nên sản lượng điện dư thừa là ít nhất. Để đảm bảo sản lượng điện dự trữ ngày tháng 8 đáp ứng đủ nhu cầu ngày/đêm thì công suất PV cần thiết lắp đặt là 296,64 kWp (tương ứng 927 tấm PV công suất 320 W, gấp 3,1 lần hiện tại). Do giá CAPEX hiện tại của pin thấp hơn nhiều so với thời điểm 2017 nên mặc dù dung lượng pin tăng gấp 2,7 lần nhưng giá điện LCOE chỉ còn 0,24 USD/kWh, tốt hơn phương án hiện tại. Vấn đề làm cho phương án kém về tính khả thi là nhu cầu quỹ đất bổ sung gấp khoảng 2 lần hiện tại, trong khi quy hoạch được phê duyệt của An Bình không có dành quỹ đất cho hạng mục này.

Công nghệ điện sóng Mutriku đã chứng minh tính khả thi nhưng giá thành của dự án Mutriku ước là 2.13 USD/kWh cao hơn rất nhiều. Có thể thấy, nếu không có sự cải tiến công nghệ OWC của Mutriku thì việc khai thác năng lượng sóng kiểu Mutriku tại An Bình là không hiệu quả.

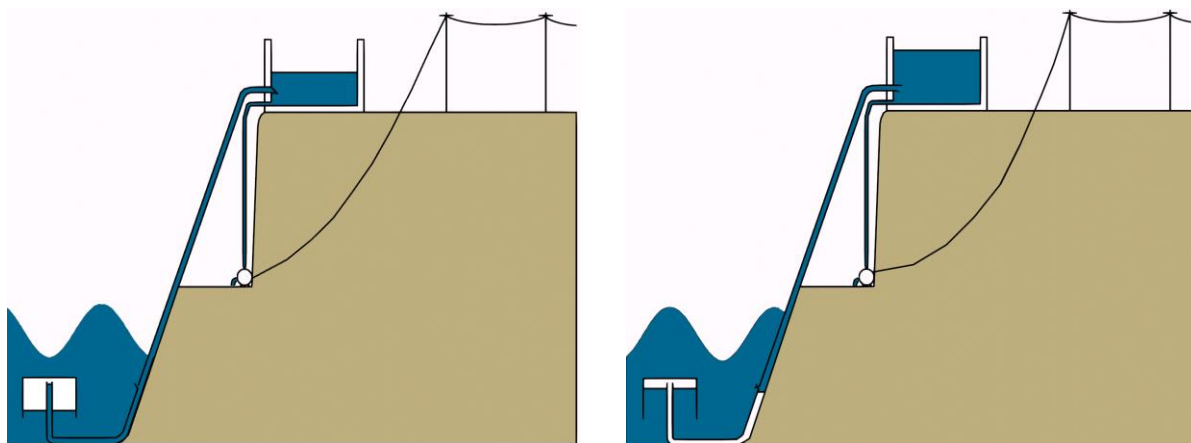
5.2 Đề xuất công nghệ sóng phát triển tại An Bình:

- a. Phân tích khả năng phát triển công nghệ OWC tại Mutriku để giảm giá thành:

Hiệu suất thực tế của Mutriku chỉ đạt khoảng 12%, thấp bằng $\frac{1}{2}$ so với thiết kế [8], mở ra cơ hội nghiên cứu hoàn thiện công nghệ OWC. Lý do hiệu suất thấp là do đặc tính của luồng không khí qua turbine do sóng tạo ra. Sóng biển được mô phỏng dạng đồ thị hình sin có chu kỳ ngắn khoảng vài giây với 1 pha sóng tới và 1 pha sóng rút. Luồng không khí tạo ra do sóng cũng có dạng hình sin, đổi chiều một lần trong mỗi chu kỳ giữa pha sóng tới và pha sóng rút và vì thế tốc độ gió rất thấp tại giai đoạn đầu và cuối của cả pha sóng tới và sóng rút. Trong khi đó, turbine gió có đặc tính chỉ làm việc trong miền vận tốc gió xác định, cụ thể là turbine gió sẽ tự động cắt khi vận tốc gió qua turbine thấp hơn giá trị cực tiểu cho phép (thường là 3 m/s) và cao hơn giá trị cực đại cho phép (thường là 20m/s). Vì vậy sử dụng turbine gió với công nghệ OWC không khai thác được năng lượng sóng tại giai đoạn đầu và cuối của cả pha sóng tới và pha sóng rút. Thêm vào đó, hiệu suất turbine gió bị giới hạn bởi giá trị 59,3% theo định luật Betz. Vì vậy hiệu suất chuyển đổi sóng điện của công nghệ OWC truyền thống tương đối thấp, không quá 30%. Hạn chế về hiệu suất khi sử dụng turbine gió với công nghệ OWC có thể được giải quyết nếu sử dụng turbine thủy điện để chuyển đổi năng lượng sóng sang điện. Turbine thủy điện có khả năng phát ở mọi mức công suất không vượt công suất định mức nên đảm bảo khai thác năng lượng sóng có chiều cao sóng thấp tại đầu và cuối của các pha sóng rút và sóng tới. Quan trọng hơn, turbine thủy điện có hiệu suất cao, thông thường từ 75 ÷ 95%. Vì vậy nếu khai thác dao động cột nước OWC để đưa nước lên bể tích rồi phát điện bằng turbine thủy điện thì hiệu suất của công nghệ chuyển đổi sóng điện có thể tăng lên 5 - 6 lần và giá thành sản xuất điện có thể giảm chỉ còn 0,3 USD/kWh. Ngoài ra, nước từ bể tích nước có thể sử dụng như nước đầu vào cho nhà máy lọc nước RO vào những thời điểm triều xuống, giúp giảm giá thành sản xuất nước tại đảo.

Chi phí phần điện của Mutriku tương ứng khoảng 6700 €/kW, cao hơn suất đầu tư phần thiết bị của turbine gió thông thường hiện tại gần 8 lần. Có 02 lý do dẫn tới suất đầu tư thiết bị cao tại Mutriku. Thứ nhất là Mutriku được đầu tư xây dựng năm 2010 và công nghệ turbine gió tiên tiến vượt bậc trong thập kỷ qua. Thứ hai turbine gió sử dụng trong công nghệ OWC là loại đặc biệt, trục turbine chỉ quay theo 1 chiều nhất định, không phụ thuộc vào chiều luồng gió và phải được chế tạo từ vật liệu chịu được ăn mòn. Thực tế là sau 11 năm vận hành, dự kiến toàn bộ hệ turbine + máy phát phải thay thế với chi phí ước tính lên tới 3,2 triệu €. Vật liệu tổng hợp có giá thành thấp và khả năng chịu ăn mòn tốt nên nếu có thể sử dụng vật liệu tổng hợp để chế tạo turbine thì sẽ giảm đáng kể chi phí đầu tư phần điện yêu cầu. Trong các công nghệ turbine, turbine không cánh (turbine Tesla) là loại turbine quay do lực ma sát nhớt giữa lớp nước và mặt đĩa và lực này nhỏ hơn đáng kể so với lực đập của dòng nước với turbine có cánh truyền thống như Cross-flow, Caplan... Vì vậy turbine không cánh có thể được chế tạo từ vật liệu tổng hợp. Các nghiên cứu gần đây cho thấy do tổn thất tại đường nước vào và ra nên turbine Tesla có hiệu suất thấp hơn turbine Cross-flow nhưng giá thành thấp hoàn toàn có thể bù đắp được yếu tố kém về hiệu suất, điều này đặc biệt đáng kể với điều kiện vận hành chịu ăn mòn. Cải tiến đường nước vào/ra cũng là giải pháp tiềm năng tăng hiệu suất của turbine Tesla.

b. Đề xuất mô hình nhà máy thủy điện sóng để khai thác năng lượng sóng tại An Bình



Hình 1. Nhà máy thủy điện sóng với pha sóng rút Hình 2. Nhà máy thủy điện sóng với pha sóng tới

Nhà máy thủy điện sóng có các cấu phần hoàn toàn trùng hợp với nhà máy thủy điện tích năng thông thường. Khác biệt duy nhất là bơm sử dụng điện trong nhà máy thủy điện tích năng được thay thế bằng bơm sóng OWC nối tiếp. Với việc sử dụng bơm sóng OWC nối tiếp, năng lượng sóng ở mọi độ cao sóng đều được chuyển thành thế năng của nước tại hồ tích nước. Thế năng của hồ tích nước được chuyển thành điện năng nhờ turbine thủy điện + máy phát điện. Hiệu suất của quá trình chuyển đổi sóng điện ước đạt khoảng 75-85%. Turbine Tesla được sử dụng để có thể chế tạo từ sợi tổng hợp và nội địa hóa bằng máy in 3D. Giá thành chế tạo turbine dự kiến sẽ giảm 75%.

Với các cải tiến này, giá thành sản xuất điện của nhà máy điện thủy điện sóng sẽ tương đương với hệ PV + pin với phương án giá pin là 400 USD/kWh.

5.3 Triển khai thử nghiệm:

Đề xuất triển khai mô hình thử nghiệm nhà máy thủy điện sóng công suất 120 kW, diện tích biển chiếm dụng <100 m², chi phí đầu tư khoảng 700.000 USD.

6. Kết luận

Nhà máy thủy điện sóng có hiệu suất chuyển đổi sóng điện cao, có thể chế tạo từ vật liệu chịu mặn giá thành thấp như bê tông và sợi tổng hợp và nhu cầu sử dụng đất không đáng kể. Với các ưu thế này, nhà máy thủy điện sóng là lựa chọn tiềm năng để thay thế diesel tại các đảo không nối lưới điện quốc gia như An Bình. Tuy nhiên, để hiện thực hóa, cần sản xuất thử nghiệm để hoàn thiện, đồng thời có chính sách hỗ trợ như đã từng áp dụng với điện mặt trời.

Tài liệu tham khảo

[1] Kiều Xuân Tuyền, Phan Thị Tường Vi (2018). “Kết quả tính toán giá trị cực trị và tính biến động của yếu tố gió tại đảo Lý Sơn”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi*, 51,1-6, <https://scholar.dlu.edu.vn/thuvienso/handle/DLU123456789/219626>, accessed 15 June 2025

[2] Hang Thi-Thuy Le, Eleonora Riva Sanseverino, Ninh Quang Nguyen, et.al (2023). “Critical Assessments of the Potential for Integrating Renewable Energy into Isolated Grids on Vietnamese Islands: The Case of the An-Binh Grid”, *Energies*, 16, 2475. <https://doi.org/10.3390/en16052475>

- [3] Tổng cục Khí tượng thủy văn (2022). Báo cáo tiềm năng năng lượng gió, sóng ngoài khơi tại các vùng biển Việt Nam, [http://vnmha.gov.vn/upload/files/2022/2-bao-cao-tiem-nang-nang-luong-gio-song-ngoai-khoi-viet-nam-copy-\(2\).pdf](http://vnmha.gov.vn/upload/files/2022/2-bao-cao-tiem-nang-nang-luong-gio-song-ngoai-khoi-viet-nam-copy-(2).pdf), accessed 15 June 2025.
- [4] Mai Ngọc Phương (2013) “Giải pháp xây dựng hệ thống pin mặt trời kết hợp nguồn diesel hiện có cấp điện cho huyện đảo Lý Sơn – Quảng Ngãi”, *Tóm tắt Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng*.
- [5] Mutriku Breakwater Wave Plant
https://en.wikipedia.org/wiki/Mutriku_Breakwater_Wave_Plant, accessed 15 June 2025.
- [6] EVN (2017), “Hoàn thành dự án năng lượng mặt trời tại xã đảo An Bình (Lý Sơn)”.
<https://www.evn.com.vn/d6/news/Hoan-thanh-du-an-nang-luong-mat-troi-tai-xa-dao-An-Binh-Ly-Son-6-12-20502.aspx>, accessed 15 June 2025.
- [7] Điện lực Lý Sơn (2024). “Báo cáo tổng kết đánh giá tình hình thực hiện nhiệm vụ kế hoạch năm 2023 và phương hướng, nhiệm vụ năm 2024”.
- [8] Y. Torre-Enciso, I. Ortubia, L.I. López de Aguilera and J. Marqués (2009). “Mutriku wave power plant: from the thinking out to the reality”. Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference, Uppsala, Sweden,
https://www.researchgate.net/publication/284510540_Mutriku_Wave_Power_Plant_From_the_Thinking_out_to_the_Reality accessed 15 June 2025.
- [9] Đàm Khánh Linh, Vũ Minh Pháp (2023), “Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả cung cấp điện mặt trời tại đảo An Bình, tỉnh Quảng Ngãi”, *Tạp chí khoa học và công nghệ năng lượng – Trường Đại học Điện lực* ISSN: 1859 – 4557.
- [10] Nguyễn Ngọc Hải, Phan Thị Tường Vi (2018), “Nghiên cứu trường sóng, dòng chảy ven bờ vùng biển đảo Lý Sơn, Quảng Ngãi bằng phương pháp mô hình toán”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* 51, 1-6, <https://vjol.info.vn/index.php/vawr/article/view/47920/38888>, accessed 15 June 2025.
- [11] Chenglong Guo, Wanan Sheng, Dakshina G. De Silva and George Aggidis (2023), A Review of the Levelized Cost of Wave Energy Based on a Techno-Economic Model, *Energies*, 16, 2144.
- [12] IEA, *World Energy Outlook 2023*, International Energy Agency, Paris, France, 2023. [Online].
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>, accessed 15 June 2025.